Наш коллега - робот

Владимир Николаевич Бусленко

SHOUT
SHARE
IT

- Бусленко Владимир Николаевич

Бусленко Владимир Николаевич
Наш коллега - робот

Владимир Николаевич Бусленко
НАШ КОЛЛЕГА - РОБОТ
Серия "Эврика"

В книге рассказывается о роботах, которые всего за десяток лет прошли путь о г кибернетических игрушек до механических помощников человека практически во всех сферах его деятельности, в материалах XXVI съезда КПСС отмечается необходимость "развивать производство и обеспечить широкое применение промышленных манипуляторов (промышленных роботов)". Издание рассчитано на самые широкие круги читателей.

СОДЕРЖАНИЕ

БУДЕМ ЗНАКОМЫ
Кто ты, робот?
Почему все-таки роботы?
Какие бывают роботы?
РОБОТ АНДРОИДОВИЧ АВТОМАТОВ
Детство.
Отрочество.
Юность.
РОБОТЫ ПЕРВОГО ПОКОЛЕНИЯ - ОБУЧАЕМЫЕ МАНИПУЛЯТОРЫ
Жизнь - это движение.
Ода пешему ходу.
Легко ли поднять бумажный стаканчик?
Работа закипела!
Чего не могут промышленные роботы?
ВТОРОЕ ПОКОЛЕНИЕ - ОЧУВСТВЛЕННЫЕ РОБОТЫ
Смена поколений.
Шестое чувство.
Как мы видим то, что мы видим.
Семь раз отмерь.
Обратная связь - посох слепого.
ТРЕТЬЕ ПОКОЛЕНИЕ - РОБОТЫ-ИНТЕЛЛЕКТУАЛЫ
Я мыслю - следовательно, я существую.
Как роботы набирались ума.
Кибернетический диалог.
За советом к роботу.
РОБОТЫ ВОКРУГ НАС

Там, где трудно, вредно, опасно.
Роботы у нас дома.
Робот: читаю и могу изъясняться.
Миди, мини, микро.
Умные вещи.
Роботы внутри нас.
ЗАВОДЫ-РОБОТЫ
Что такое современное предприятие?
Бригадный подряд роботизации.
Сегодняшние "заводы будущего".
Самовоспроизводство?!
2001. ПЕРСПЕКТИВЫ
Роботы будущее.
Преображенный труд.
Роботы в быту.
Роботы и мы.
Заключение.

БУДЕМ ЗНАКОМЫ

КТО ТЫ, РОБОТ?

Ответить на этот вопрос не так-то просто. Заглянув в недра современного роботизированного предприятия, мы не обнаружим там столь привычных по фантастическим романам "железных киберов", бесстрастно склонившихся над станками. В то же время современное промышленное производство настолько насыщено разнообразными автоматами, что порой возникает ощущение, что весь завод - это один гигантский робот.

Что же такое современный промышленный робот?

Чем отличается он от манипулирующего раскаленными заготовками блюминга или ловко закупоривающего бутылки автомата?

Главное достоинство промышленного робота перед другими автоматическими устройствами - его "гибкость", то есть простота переналадки для выполнения самых разнообразных операций. Что еще способна делать машина, предназначенная для закупоривания бутылок? Да ничего. Рожденный закупоривать летать не может! Тысячи специализированных автоматов должны быть выброшены или с большими затратами переоборудованы, когда меняется характер производственного процесса, но только не робот, в котором достаточно заменить программу и сменить оконечные устройства. Итак, если на этой неделе роботы производят окраску кузова автомобиля, на следующей они работают сварщиками, если утром упаковывают продукцию, вечером грузят ее на платформы, и делают они это лучше, чем люди. Их "руки" тверды и устойчивы, движения неутомимы и

аккуратны. Вот только выглядят они не столь привлекательно, как полюбившиеся нам "киберы": длинные "шеи", высовывающиеся из массивных "туловищ", захваты, напоминающие клювы, моторы, клапаны, проволока, шланги. Они шипят, свистят и извиваются у нас на глазах; ни дать ни взять - вымершие чудовищные птицы, вдруг воскресшие в металле.

Современный промышленный робот - это удивительное средоточие, казалось бы, несоединимого. В англоязычных странах для характеристики робота используют непереводимый термин "kluge", означающий систему, состоящую из разнородных компонентов, конструкторы которых никогда не собирались использовать их совместно. Действительно, какой случай мог бы слить воедино в качественно новое образование насосную станцию современную ЭВМ, многочленную механическую руку и телевизионную камеру? Развиваясь независимо, все эти составляющие робота достигли определенного совершенства, когда отнюдь не случай, а дерзкая мысль инженеров свела их вместе, чтобы еще лучше служить человеку. Однако для этого потребовалось преодолеть узкие междисциплинарные рамки, терминологические баррикады, психологические барьеры и массу других, обычных в новом деле преград. Отголоски этих баталий заметны и сегодня, особенно когда различные классы специалистов претендуют на роль "крестных отцов" робототехники. Невольно вспоминается старинная индийская притча о трех слепцах, ощупывающих слона и выносящих свои суждения.

Расскажем современную притчу о трех инженерах, впервые увидевших промышленного робота.

- Какой совершенный механизм! - воскликнул специалист по строительным машинам. - Вы обратили внимание на число степеней свободы и высокую точность манипулятора? Ошибка составляет не более долей миллиметра, и это при весе транспортируемой детали в несколько десятков килограммов! Особенно удивительна способность этого автомата перестраиваться с одной операции на другую, ведь он работает без помощи человека!

- Да разве только в этом дело! - перебил его специалист по ЭВМ. - Перед нами современный компьютер. Здесь мы имеем блестящий пример расширения функциональных возможностей ЭВМ за счет новых устройств ввода и вывода информации: тактильных датчиков, телекамеры, микрофона и на выходе гибкого манипулятора. Самое замечательное, что благодаря этим устройствам компьютер получил уникальную возможность проявлять физическую активность в окружающей среде. А то, что

вас поразило больше всего - способность к переналадке, - так это же естественное свойство компьютера программируемость. МиниЭВМ робота просто перешла к выполнению новой программы!

- Я не вижу здесь предмета для спора, - вмешался в разговор специалист-кибернетик. - Главное здесь не механическая конечность или электронный мозг. Главное состоит в том, что чем эффективнее человечество развивает техносферу, тем больше наших достижений мы обнаруживаем у живой природы, в биосфере. Помните, как сказал Герберт Уэллс: "Перед каждым паровозом бежит тень лошади". И мы имеем наглядное подтверждение этого тезиса. Перед нами искусственный аналог живого мыслящего существа, так сказать, антропоморфная модель человека. Вот искусственные руки наподобие рук рабочего, вот органы чувств: зрение, слух, осязание - и вот, наконец, прообраз головного мозга - ЭВМ, которая и сообщает этому искусственному существу способность к рефлекторно-целесообразной деятельности! Присмотритесь, ведь движения робота просто воспроизводят поведение рабочего.

Так рассуждали специалисты, про которых еще Козьма Прутков заявил: "Узкий специалист подобен флюсу: полнота его односторонняя". Попытаемся разрешить их спор и ответить на вопрос: "Что же такое робот?" Возьмем аналогию робота с человеком. Какие качества в данном случае нас интересуют? Во-первых, функциональные возможности человека, а именно: приспособляемость, универсальность, способность к выполнению сложных движений. Во-вторых, физические данные, которые включают силу, скорость, надежность, стабильность основных характеристик. И наконец, в-третьих, умственные способности, которые охватывают восприятие, обучение, наличие памяти, логики и т. д. Если изобразить эти категории качества графически, то получится трехмерное пространство X, Y, Z, где каждая из категорий имеет свою ось.

Рис. ROBOT.GIF

Возьмем какую-нибудь строительную машину, например экскаватор. Он обладает функциональными способностями: известной универсальностью, возможностью манипулировать ковшом и перемещаться. Кроме того, он обладает физическими данными, которые обеспечиваются его двигателями. Если отложить категории, присущие экскаватору по осям X и Y, получим условное двухмерное "пространство экскаватора". Очевидно, что экскаватор начисто лишен интеллекта, его заменяет интеллект водителя, поэтому по оси Z мы ничего откладывать не будем. Рассмотрим теперь с тех же позиций,

например, компьютер. Он обладает определенным интеллектом и некоторыми функциональными способностями, в частности универсальностью и приспособляемостью.

Двухмерное пространство компьютера можно изобразить по осям Z и X.

Компьютер, по крайней мере в традиционном смысле, не обладает вовсе физическими данными, поэтому на оси X мы также ничего не отложили. Итак, все эти машины на нашем рисунке оказались двухмерными, так как расположены по своим качественным возможностям в плоскости лишь двух осей.

Теперь изобразим "пространство робота" и "пространство человека". И робот и человек обладают всеми перечисленными качественными категориями в совокупности, а именно: функциональными возможностями, физическими данными и умственными способностями.

Поэтому на нашей схеме их пространства будут трехмерными.

Именно в этом совпадении качественных пространств и состоит антропоморфность робота, то есть сходство его с человеком. Наиболее распространенное техническое определение промышленного робота следующее: "обучаемый, программно-управляемый манипулятор".

Некоторые организации, производящие роботов, стремясь отделить понятие "промышленный робот" от понятия "робот", используемого в научной фантастике, называют эти автоматы "транспортирующими устройствами", или "автоманипуляторами".

ПОЧЕМУ ВСЕ-ТАКИ РОБОТЫ?

Ответ на этот вопрос является своеобразным ключом к замку, открывающему дверь в новую эру автоматизации производства. Робототехника и роботостроение, роботизация и роботроника и, наконец, роботология - вот эхо того гигантского взрыва, или бума роботов, который охватил современный мир. Причины этого бума порождены общим развитием экономики и научно-техническим прогрессом и глубоко коренятся в самой социальной структуре общества. Чтобы ответить на вопрос, стоящий в заголовке, проведем небольшое исследование.

Социологи утверждают, что успехи современной медицины и повышение общего уровня жизни приводят к изменению динамики возрастной структуры населения.

Это значит, что с каждым годом увеличивается доля пожилых людей и соответственным образом уменьшается доля молодежи. Изменился и образовательный уровень лиц, вступающих в производство, резко сократилось число выпускников средних школ, а число выпускников вузов, поступающих на работу в

промышленность, обнаруживает тенденцию к постоянному увеличению. Кроме того, происходит общая смена сферы трудовой деятельности: возрастает доля управляющего и обслуживающего персонала за счет непосредственно участвующего в материальном производстве. Все эти тенденции связаны с развитием цивилизации. Избежать их невозможно, но они все острее ставят перед промышленностью проблему нехватки рабочей силы.

Нехватка рабочей силы - это общая тенденция, затронувшая все промышленные страны, однако в капиталистическом мире она зачастую ликвидируется за счет рабочих-иммигрантов: в США - за счет выходцев из ФРГ, Италии, стран Латинской Америки, в Англии - за счет африканцев, индийцев, а также итальянцев и испанцев; в ФРГ и Франции - за счет выходцев из стран Среднего и Ближнего Востока.

Однако решение проблемы нехватки рабочей силы при помощи такого рода изменений социальной структуры общества само по себе содержит противоречия, например, такие, как возникновения расовых проблем.

Очевидно, что для нашей страны подобный путь зависимости от рабочих-иммигрантов противоречил бы самой структуре социалистического общества.

Итак, социологи определили проблему: нехватка рабочей силы. Продолжим наше исследование. Зададим себе следующий вопрос: где проявляется в первую очередь нехватка рабочей силы? Не прибегая к социологическому анализу, а коснувшись своего собственного личного опыта, каждый может ответить на этот вопрос так: там, где работать вредно, неприятно и неинтересно.

Действительно, держаться подальше от таких мест, где мы попадаем в трудноперенос имую обстановку, вполне естественно для человека. Поэтому все труднее и труднее находить квалифицированных рабочих для специфических производств. Люди избегают работать в неблагоприятных условиях: в цехах с повышенной температурой, загазованностью, неприятными запахами, грязных и шумных, связанных с работой с отравляющими и взрывчатыми веществами, на большой высоте или глубине.

Все больше текучесть кадров на работах, состоящих из простых, однообразных операций, угнетающих своей монотонностью. Одним из неприятных последствий промышленной революции оказалось то, что ремесленное искусство на производстве уступило место разделению труда. Это, несомненно, дало мощный толчок развитию промышленности, однако на конвейере рабочий, каждые

несколько секунд повторяющий одну и ту же несложную операцию, чувствует себя винтиком механизма. Это лишило людей возможности гордиться своей работой, отняло у них творчество, и многие заводские профессии не дают людям полного удовлетворения.

Американский публицист Стаде Теркел в своем монументальном труде "Работа. Люди рассказывают о своей каждодневной работе и о том, как они к этой работе относятся" пишет: "Многие испытывают с трудом скрываемое разочарование..." "Я - машина", - говорит рабочий, обслуживающий машину для точечной сварки.

"Я - зверь в клетке", - высказывается кассир банка.

"Я - мул", - говорит рабочий-металлург. "То, чем я занимаюсь, может делать и обезьяна", - произносит секретарша. "Я превратился в сельскохозяйственное орудие", - говорит сезонный рабочий. "Я - вещь", считает манекенщица. "Синие воротнички" и "белые воротнички" выражают свое мнение одной фразой: "Я - робот". Все это и порождает естественный ответ: для многих производственных работ единственный выход - это комплексная автоматизация, ну а роботы нужны как ее носители. Образно говоря, человек создал робота, чтобы самому не превратиться в робота. Но почему именно роботы? Ведь существовали и существуют другие средства автоматизации: автоматические линии, станки-автоматы. Чтобы ответить на этот вопрос, углубимся в историю.

Начало промышленной революции было положено изобретением Дж. Уаттом паровой машины. Для поддержания постоянного числа оборотов ее вала в начале XIX века был создан регулятор, управляющий подачей пара в соответствии с числом оборотов машины, так называемый регулятор Уатта. Автоматическое регулирование числа оборотов паровой машины и явилось началом эры автоматического управления.

С тех пор автоматическое управление получило широкое развитие, а применение его в сфере производства положило начало эпохи автоматизации и сделало возможным создание таких отраслей промышленности, в которых не требуется вмешательство человека.

Однако оказалось, что легче всего поддаются автоматизации непрерывные производства, связанные с переработкой жидкостей и газов, которые легко транспортируются и автоматизация производства которых касается скорости течения или температуры, давления или пропорций в смеси сырья. В случае же, где требуется перемещение твердых тел в виде отдельных деталей или узлов в процессе их обработки или сборки,

последовательная автоматизация всего цикла, начиная от подачи заготовки и кончая выходом готового изделия, сильно отстает. Выполнение такого рода транспортных операций, естественно, не требует почти никакой квалификации, но автоматизация их в силу специфики крайне сложна. Но с производственной точки зрения выполнение подобных работ необходимо, и, хотя найти рабочего на это место трудно, обойтись без него невозможно.

Промышленные роботы - это устройства, обеспечивающие автоматизацию таких технологических операций, которые невозможно автоматизировать традиционными методами. Поэтому их и следует считать необходимым компонентом комплексной автоматизации производства.

Что же дает производству внедрение промышленных роботов? Давайте проследим рассуждения отдельных специалистов.

- На нашем заводе применение роботов существенно повысило производительность труда, - говорит один, - во-первых, за счет устранения монотонности и неудовлетворенности работой, во-вторых, за счет повышения единообразия продукта, ведь не секрет, что при ручной загрузке станков или при сборке изделий выпуск продукции за определенное время - величина переменная, она зависит от усталости рабочего, от его самочувствия, наконец, от квалификации.

- Я полностью присоединяюсь к предыдущим словам, - заявляет другой, хочу только добавить, что применение роботов не только позволяет синхронизировать работу станков и таким образом стабилизирует производство, но и резко снижает размеры брака, особенно при работе с хрупкими компонентами, такими, как, например, колбы ламп или кинескопы. Интересно, что роботы весьма бережливы: там, где при ручном труде расходовались бы граммы дефицитнейших материалов, они обходятся миллиграммами. Золото, как известно, пришлось по вкусу электронике. Без него пока не обойтись. Однако с помощью робота транзисторные головки покрываются желтым металлом с большей скоростью и только в нужных местах. При этом экономится три четверти золота.

Хочется также отметить значительное улучшение условий труда. Не буду скрывать, что у нас на заводе еще есть цеха, не вполне соответствующие нормам по охране труда, и дело не только во вредных производствах. Особенно опасны работы, требующие большого нервного напряжения, так как они приводят к производственным конфликтам, повышают уровень травматизма.

Здесь, мне кажется, наиболее подходящее место для роботов.

Интересно, что роботы создают возможность эффективного использования даже устаревшего оборудования за счет уменьшения простоев, повышения стабильности, увеличения скорости.

Частным случаем экономически выгодного применения роботов является их использование при обслуживании оборудования, продолжительность эксплуатации которого вышла за пределы юридических норм по охране труда.

- Или такой факт, - отмечает третий, - мы выяснили, что стоимость внедрения автоматических линий обычно оказывается выше стоимости внедрения роботов, так как роботы подвергаются отладке при их изготовлении, а вот отладку и регулировку линий приходится производить каждый раз непосредственно при их внедрении. Средства, затраченные на проектирование универсальных роботов, не требуется расходовать вторично при переходе от одной работы к другой.

Необходимо отметить чрезвычайно важный при внедрении фактор времени. При внедрении роботов требуется, как правило, лишь кратковременная ручная настройка робота на заданную программу, тогда как с момента принятия решения об автоматизации производства до его реализации без применения роботов проходит значительный срок. Оборудование и сама технология могут за это время устареть. Наши специалисты изучали вопрос об автоматизации одного из производств. Был объявлен конкурс на лучший проект автоматизации.

На конкурс было представлено 74 проекта. Мы учитывали в первую очередь время проектирования и внедрения.

Так вот, 47 проектов требовали для своего внедрения времени больше года, 19 проектов - что-то от полугода до года, и лишь 8 проектов укладывались в полугодовой срок. Естественно, что мы выбрали один из этих восьми.

Он предусматривал создание специального станка-автомата. Работа, как говорится, закипела, Пока этот станок проектировали, изготовляли и отлаживали, производственники решили: а не попробовать ли использовать пока старые станки и приобретенные промышленные роботы?

Представьте, каково было наше удивление, когда оказалось, что к моменту готовности нового станка эти роботы, работая семь дней в неделю по три смены, полностью окупили затраты на их покупку и уход.

И все же пусть не покажется эта картина слишком идеалистической. Внедрение роботов требует еще немалых средств. Это все еще высокие капитальные затраты на приобретение роботов, затем издержки на переобучение

персонала, хорошо еще, если не потребуется специальное проектирование уникальных захватов роботов, ведь одно дело - манипуляция стальными болванками и совсем другое - транспортировка стеклянных листов. Прибавьте к этому специальные средства связи, необходимые для сопряжения робота со станками, издержки на оборудование и персонал для технического обслуживания робота и т. д. Потребуется немалая сумма.

- Разумеется, - утверждает экономист, - вы будете правы, если купите один робот и используете его в каких-то уникальных условиях. Внедрение роботов тоже требует своеобразной тактики. Экономически выгодно применять сразу несколько роботов на одной массовой операции, например при сварке кузовов автомобилей, тогда и оконечные устройства проектируются один раз для целой группы роботов, и обучение персонала, помноженное на число роботов, оказывается не столь дорогим. Один оператор может обслуживать группу роботов. В общем, нужно групповое использование.

- Вот вы сказали про массовое производство, - возражает первый специалист, - а нам кажется, что эксплуатация роботов наиболее подходит для небольших предприятий с многономенклатурным, мелкосерийным производством. Только тогда с наибольшим эффектом используется "гибкость" робота, то есть простота переналадки циклограммы движения: изменение траектории, скорости, ускорения, нагрузки и, наконец, смены рабочего инструмента.

Самое существенное в применении промышленных роботов - это перспектива комплексной автоматизации производства, возможность создания интегрированных производственных систем, так сказать, заводов-роботов, где целые роботизированные участки, цеха и производства будут функционировать автоматически, без участия человека. При этом они будут обладать основными достоинствами роботов - гибкостью, простотой переналадки.

Из этих реплик специалистов вытекает основной вывод: применение роботов в современных условиях оказывается весьма выгодным.

КАКИЕ БЫВАЮТ РОБОТЫ?

"Существует традиционный принцип, который можно выразить так: наука начинается с измерения и вычисления. Эта традиция идет от физики. В действительности же наука начинается с классификации", - говорит Д. Поспелов, специалист в области роботов и искусственного интеллекта.

Если считать эту книгу введением в науку роботологию, то

нам не миновать этапа классификации роботов.

Скажем сразу, что единой научно обоснованной классификации роботов пока нет. Классифицировать их можно по самым различным признакам. Каждая группа специалистов выдвигает свои принципы классификации.

Представители организаций, разрабатывающих и внедряющих силовые установки и механические манипуляторы роботов, предлагают классифицировать их по кинематическим, геометрическим и энергетическим характеристикам. По кинематическим параметрам роботов делят в зависимости от скоростей перемещения. По геометрическим - в зависимости от размеров их функциональных органов, прежде всего манипуляторов, и, таким образом, диапазонов их перемещений. По энергетическим - на группы по грузоподъемности: до 5 килограммов (груз, перемещаемый человеком одной рукой) о г 5 до 40 килограммов (перемещаемый двумя руками) и более 40 килограммов (для перемещения необходимы усилия нескольких человек).

Разработчики систем управления роботами предлагают свою классификацию, учитывающую степень участит человека в процессе управления. Тут роботы подразделяются1 на два большие класса: биотехнические и автономные.

К первому - биотехническим роботам - относятся те, которые управляются человеком, так сказать, по копирующему принципу. Это так называемые экзоскелетоны, то есть механические силовые каркасы, надеваемые непосредственно на человека. Сюда же относятся и роботы без человека, управляемые оператором с пульта управления, и полуавтоматические роботы, когда человек с пульта оперативно меняет только программы движений. Эти устройства лишь условно относятся к классу истинных роботов, так как их интеллект полностью или частично заменен интеллектом оператора.

Второй класс - истинные роботы. Это автономные, то есть работающие без участия человека, автоматические устройства с искусственным электронным мозгом. Здесь шкала классификации обусловлена степенью интеллектуальности робота, то есть мощностью компьютера и гибкостью программного обеспечения, составляющего основу управляющего устройства.

Специалистам, занимающимся внедрением роботов, представляется естественным делить их по сферам применения или "обитания". Так же, как представители животного мира обитают на земле и под землей, в воздухе и океане, так и роботы служат человеку на земле и в космосе, в океане и под землей, в пустынях Азии, в Арктике и Антарктиде.

Наиболее многочисленна "популяция" производственных роботов: промышленные и сельскохозяйственные, транспортные и строительные, медицинские и бытовые.

Можно даже изобразить своеобразное генеалогическое древо роботов. Возрастая на почве кибернетики, оно держится на трех мощных корнях: компьютерах, телеметрических датчиках и механических манипуляторах. Три мощные ветви образуют это древо: исследовательские роботы, производственные роботы и роботы бытовые.

Можно было бы и дальше плодить нескончаемые предложения о принципах классификации роботов. Мы не станем этого делать, нам важно было лишь показать, как велика "популяция" роботов, как сильно затронула роботология основные сферы научной и производственной деятельности человека.

"Эволюция роботов, которая началась в той точке, в которой эволюция живых существ достигла, так сказать, своего предела, а именно, с появлением человека, обещает, по крайней мере сейчас, даже превзойти человека в определенных областях. В противоположность эволюции живых существ, которая является, по существу, процессом проб и ошибок, эволюция роботов представляется в настоящее время заранее тщательно продуманным процессом". Так писалось еще в 1970 году по поводу разработки интеллектуальных роботов.

Специалисты по проблемам роботологии твердо "держат руку на пульсе" эволюции своих детищ. Потому в противоположность узкоспециальным классификациям они выдвигают свою уже ставшую привычной в других сферах классификацию поколений.

К первому поколению промышленных роботов относят простые манипуляторы с минимальным интеллектом, способные обучаться и выполнять заранее заданную циклограмму движений.

Второе поколение так называемых очувствленных роботов характеризуется наличием всевозможных датчиков - органов чувств, это датчики положения руки робота, датчики усилия - как бы осязание робота, оптические датчики своеобразное зрение, микрофоны - его слух и так далее...

Третье поколение роботов - это роботы "интеллектуальные", которые призваны не только и не столько воспроизводить механические движения, подобные человеческим, сколько решать сложные интеллектуальные задачи: распознавание формы, положения деталей, сборка узлов из произвольно расположенных компонентов, чтение чертежей и контроль качества изделий.

Эта классификация, отражающая развитие роботов и расширение сфер их применения, настолько проста и органична, что мы примем ее как основу этой книги.

Итак, поколения роботов, О них и пойдет речь в следующих главах.

РОБОТ
АНДРОИДОВИЧ
АВТОМАТОВ
ДЕТСТВО

Поколения современных промышленных роботов принято отсчитывать от первого, хотя в принципе числовая шкала в положительную область начинается с ноля.

"Неужели существует нолевое поколение роботов?" - спросит читатель. Как это понимать?

Да, существует. Каждая идея и любое ее техническое воплощение имеют свою нолевую фазу, так сказать, утробное развитие проблемы. Абсолютный ноль робототехники глубоко погружен в историческое прошлое человечества. Промышленный робот как механический соратник человека ведет свою родословную от первых приспособлений, помогавших людям обустраивать свою жизнь. 7 - 8 тысяч лет до нашей эры, в эпоху неолита, человек применял первые инструменты для сверления отверстий в камне. 3 - 4 тысячи лет до нашей эры появился гончарный круг - дальний родственник всех современных токарных и карусельных станков. Во II веке до нашей эры появились водяные часы: вода, вытекавшая из сосуда, поднимала поплавок, указывающий время на вертикальной шкале Их автор - живший в Александрии механик Ктезибий.

В античном мире прароботы существовали в виде оживших статуй и всевозможных "чудесных" машин.

Стоило бросить несколько монет в открытый зев каменного грифона, как "священная" вода сама собою изливалась из его глаз. Двери храма открывались, как сказал бы современный инженер, "автоматически", когда жрец возжигал огонь на алтаре перед храмом. Движущиеся статуи Герона Александрийского Старшего и других механиков эпохи эллинизма зачастую являлись объектами мистического поклонения.

Вероятно, одно из первых автоматических устройств, копирующих, или, как сейчас говорят, моделирующих, конструкцию живого "механизма", было создано другом древнегреческого философа Платона, жившего около 400 г. до н. э., который вошел в историю под именем Архитаса из Тарента. Он, как повествует легенда, изготовил деревянного голубя, который, по свидетельству пораженных современников, летал как настоящий.

Совершенно естественно, что рассказы о предках современных промышленных роботов сильно замешены на мифах

и легендах. Таково уж свойство памяти человеческой - она не столько бесстрастно фиксирует факты, сколько мечтает, предвосхищая сегодняшнюю реальность, отображая прошлое в будущем.

Первое "достоверное" упоминание об использовании промышленного робота встречается еще у Гомера в его знаменитой "Илиаде". Он описывает изготовленную из золота женщину, которая помогает богу-кузнецу Гефесту. Заметим, что ее потомки активно орудуют в современном кузнечно-прессовом производстве.

Овладев энергией "падающей воды" и "дующего ветра", человек ощутил прелесть механических помощников, наделенных собственной силой. В изобилии стали появляться разнообразные станки и приспособления.

В XIX веке был создан неизменный помощник человека, спутник промышленного производства - токарный станок.

Другие изобретатели концентрировали свои силы на создании так называемых андроидов - автоматических устройств, копирующих внешний вид и движения человека.

Отзвуки этих устремлений докатились до нас в виде сведений, достоверность которых вызывает естественное сомнение. Так, имеются упоминания, что еще в XIII веке у архиепископа города Регенсбурга Альбертуса Магнуса был механический "страж", который стоял у дверей его покоев в монастыре. Андроид был сделан из воска, дерева, металла и кожи. Предание говорит, что он приветствовал посетителей, расспрашивал их о делах, шутил с ними, пока епископ не приглашал их войти. Согласно этой легенде один из учеников епископа, молодой философ Томас Аквинский, стал так досаждать андроиду своими философскими вопросами, что тот однажды, найдя дубинку, изрядно поколотил его.

XVI век подарил миру часы с пружинным приводом, изобретенным в Германии часовщиком П. Хейнлейном.

В них впервые использовались принципы и отдельные механизмы, получившие впоследствии широкое распространение в разнообразнейших автоматах.

Одним из мастеров, создававших такие миниатюрные автоматы, был Хуанело Тариано, инженер, служивший у императора Карла V, властителя Испании и Нидерландов. Когда Карл V в 1556 году передал бразды правления своему сыну, а сам удалился в монастырь, Тариано и там развлекал его игрушечными солдатиками, которые фехтовали, и пастушкой, игравшей на лютне. Легенда гласит, что он создал также "полноразмерного" андроида, который каждый день появлялся на

улицах Толедо, закупая провизию для своего хозяина. И хотя это почти наверняка миф, улица в Толедо, где жил Тариано, до сих пор носит название "улица деревянного человека".

В 1675 году изобретатель Х. Гюйгенс из Голландии построил первые маятниковые часы.

Увидев успехи механиков, на поле автоматизации вышли мыслители, чтобы собрать богатый урожай. Было совершенно необходимо осмыслить, упорядочить и превратить в стройную теорию накопленное изобилие прагматических фактов.

Знаменитый французский философ Рене Декарт одно время увлекался андроидами и даже создал механическую женщину, названную Франсиной. Во всяком случае, еще в 1637 году он писал, что наступит время, когда человечество создаст "бездушные механизмы", которые будут вести себя подобно людям. Он же одним из первых высказал конструктивную мысль о подобии животных машинам: "...ничуть не покажется странным тем, кто знает, сколько различных автоматов или самодвижущихся машин может произвести человеческое искусство, пользуясь при этом немногими частями, в сравнении со множеством костей, мускулов, нервов, артерий, вен и всех других частей, находящихся в теле каждого животного". Тогда же ученые пытались приложить известные законы механики к объяснению явлений, происходящих в живом организме.

В XVII-XVIII веках заметны три основных направления интенсивных поисков. Первое связывают с именами гениальных математиков Л. Эйлера и Д. Бернулли, которые применили законы механики к объяснению некоторых физиологических явлений. Второе - с именем французского врача и философа Ж. де Ламетри, который издал в 1747 году в Лейдене знаменитый трактат "Человек-машина". В нем он, говоря о человеке, в частности, писал: "По сравнению с обезьяной и умнейшими животными он представляет то же, что планетные часы Гюйгенса с часами императора Юлиана. Если для отметки движения планет нужно было больше инструментов, колесиков, пружин, чем для показания времени на часах, если на создание флейтиста Вокансону понадобилось больше искусства, чем на утку, то на создание механического человека, способного говорить, нужно было бы еще больше; нельзя думать, что такую машину невозможно создать, в особенности руками какого-нибудь Прометея..." Третье направление принадлежит механикам-изобретателям, воспроизводившим на практике эти витавшие в воздухе идеи.

Наиболее достоверно известно о совершенных автоматах, созданных французским изобретателем и инженером Жаком де

Вокансоном (1709-1782), принесших ему широкую известность. Он был даже избран во Французскую академию. В числе его блестящих творений был пастух, который играл на флейте. Сам изобретатель в это время аккомпанировал ему на тамбурине. Флейтист в сидячем положении вместе со своим пьедесталом достигал 170 сантиметров в высоту. Он играл двенадцать разных пьес, "производя звуки вдуванием воздуха изо рта в отверстие флейты и изменяя ее тоны действием пальцев на отверстия инструмента".

Другой андроид Вокансона играл левой рукой на провансальской свирели, правой - на бубне и прищелкивал языком по обычаю провансальских свирельщиков.

Наконец, жестяная утка того же механика - едва ли не самый совершенный из всех известных автоматов - не только подражала с необычайной точностью всем движениям, крику и манерам поведения своего оригинала: плавала, ныряла, плескалась в воде, но даже клевала пищу с жадностью живой утки и выполняла до конца при помощи скрытых внутри ее химических веществ обычный процесс пищеварения. Эту утку, состоящую из тысячи движущихся деталей, позже видел Гёте, который описал ее в своем дневнике. Все эти автоматы были публично показаны Вокансоном в Париже в 1738 году.

В это же время в промышленности появились станки со сложными механизмами для изготовления деталей сложной конфигурации. В двадцатых годах XVIII века русский изобретатель Андрей Нартов создал автоматический суппорт, перемещающий резец вдоль обрабатываемой детали для токарно-копировальных станков. Он же предложил станок с применением сменных зубчатых колес для нарезки крупных винтов. В 1765 году русский механик И. Ползунов изобрел регулятор питания парового котла в виде поплавка, "автоматически" поддерживающего уровень воды.

Кстати, первым "промышленным роботом" был созданный Вокансоном механический осел, который с изяществом, несвойственным ослам, ткал на обычном ткацком станке. Но почему именно осел? Дело объясняется просто. Когда в 1742 году Вокансон задумал создать автоматический ткацкий станок, лионские ткачи, боясь конкуренции, решили избить изобретателя. В ответ на их нападение Жак де Вокансон и создал механического осла, который ткал на обычном ткацком станке.

Однако вернемся к создателям человекообразных машин. Весной 1774 года швейцарский часовщик Пьер Дро и его сын Анри показали изумленным согражданам сконструированного ими механического писца. Он с важным видом макал гусиное

перо в чернильницу и ровным, красивым почерком выводил длинную фразу.

При этом он двигал головой и любовно оглядывал написанное. Закончив писать, он посыпал, как тогда было принято, бумагу песком и стряхивал ее. Кроме писца, мастера сделали механического рисовальщика и музыкантшу, исполнявшую на фисгармонии сложные произведения. В 1774 году на выставке в Париже эти механические люди пользовались шумным успехом. Затем Анри Дро повез их в Испанию, где они также вызывали восторг и восхищение. Но там в дело вмешалась священная инквизиция, которая обвинила его в колдовстве и посадила в тюрьму, отобрав автоматы-андроиды.

Считается, что само слово "андроид" создано из первых букв имени и фамилии Анри Дро, однако это всего лишь совпадение, хотя и весьма удачное. Слово это происходит от греческого "anthros", что значит "мужчина", которое является однокоренным со словом "anthropos" - "человек", и означает "человекоподобный".

Андроиды - механические люди - были отражением механического века сжатых пружин. Пружины приводили в движение сложнейшие системы зубчатых колес, рычажков, штанг, кулачков, винтов, всевозможных автоматов. Поэтому можно утверждать, что андроиды были своего рода разновидностью часов. Как известно, часы - одно из самых совершенных созданий человека в технике своего времени. Именно часы, как говорил К. Маркс, подали человеку мысль применить автоматы в производстве.

В 1784 году Дж. Уатт предложил центробежный регулятор скорости оборотов паровой машины, которая стала после этого основным источником механической энергии для приводов станков, машин и механизмов.

Теперь у механиков был двигатель, и они знали, как с помощью передаточной цепи из отдельных звеньев превратить вращение вала в любое сложное движение исполнительного механизма. Они постепенно начали создавать все больше и больше машин, способных своими руками-механизмами воспроизводить разнообразные рабочие движения людей во многих трудовых процессах.

Умели механики и передавать в автоматах команды для различных узлов. Использовали шпильки на барабане музыкального ящика, картонные ленты с отверстиями, валики с кулачками. Это была программа работы автомата, но программа самая примитивная, жесткая, беч всякой реакции на внешнюю среду. Творчество автоматчиков принесло много пользы. Оно помогло найти и практически проверить основные

математические и технические средства для развития машиностроения и основ автоматики, когда начался повсеместный переход к машинному производству - знаменитый промышленный переворот.

Победно шагала техника. Машины появились в текстильной, металлообрабатывающей, горной и других отраслях промышленности. Повсюду шел бурный процесс механизации. Впервые рука человека была освобождена от непосредственной обработки металла.

Увлечение андроидами мало-помалу сходило на нет, впечатляющие перспективы промышленной революции оказались куда увлекательнее, тем более что возможности механики были в общем-то исчерпаны. Лучшие конструкции, созданные в средние века, позднее просто повторялись в разных вариантах. Так, в 1810 году немецкий механик И. Кауфман создал механического трубача, который виртуозно исполнял несколько сложных пьес на трубе. В 1850 году Г. Дешан смастерил автоматическую "укротительницу змей". В 1893 году Дж. Мур построил механического человека с приводом от паровой машины мощностью 0,5 лошадиной силы. Он развивал скорость хода до 14 километров в час, при этом машина была спрятана внутри, а сигара служила дымоходом.

В 1815 году изобретателем Модели была создана первая автоматическая станочная линия, она служила для изготовления корабельных блоков.

Наступала эра электричества. После изобретения электродвигателя и динамо-машины электричество открыло новые возможности для автоматизации производства.

В 1830 году русский ученый П. Шиллинг изобрел магнитоэлектрическое реле - один из основных элементов электроавтоматики. В 1872 году В. Чиколев впервые продемонстрировал электропривод к швейной машине на Первой Московской политехнической выставке. В 1895 году С. Апостол-Бердичевский и М. Фрейденберг создали первую в мире автоматическую телефонную станцию.

После изобретения в начале XX века регуляторов напряжения электроэнергия активно заявила о себе в производстве. Электродвигатель закрутил станки, оживил автоматические устройства. В 30-х годах XX века появились многошпиндельные агрегатные станки, а в 40-х годах - целые автоматические линии из агрегатных станков.

В ходе выполнения первых пятилетних планов развития народного хозяйства в нашей стране были созданы заводы, производящие приборы и аппаратуру для автоматизации

производства. Конец сороковых годов ознаменован появлением "усилителей интеллекта" - электронных вычислительных машин - и рождением "науки об управлении" - кибернетики, которая стала повивальной бабкой многих автоматических электронных устройств, в том числе и промышленных роботов.

ОТРОЧЕСТВО

В середине XX века крупные достижения электроники, физики и электротехники позволили вновь приступить к конструированию человекоподобных автоматов, но на более высоком уровне. Их стали называть роботами. Окончательное формирование кибернетики как нового научного направления дало мощный стимул развитию роботов, появились многочисленные электронные "люди" и "животные". В отличие от андроидов роботы теперь обладают обратной связью, более гибки в действиях и более чувствительны к изменению внешней обстановки. У них появилось зрение - фотоэлементы, слух - микрофоны, речь - громкоговорители.

Один из первых советских роботов демонстрировался на всемирной выставке в Париже -в 1937 году. На всемирной выставке в Нью-Йорке в 1939 году можно было видеть шагающего робота "Электро" с собакой-роботом "Спарко". "Человек" беседовал с многочисленными посетителями, а "собака" лаяла и служила. В 1960 году огромным успехом пользовался выставленный на ВДНХ робот, сконструированный на Чкаловской станции юных техников Московской области, он выполнял 18 различных команд и назывался "СЮТ". Там же, на Чкаловской станции юных техников, в 1969 году создан кибернетический робот-гигант, успешно экспонировавшийся на всемирной выставке ЭКСПО-70 в Японии. Широкую известность получил робот "Сспулька", работавший экскурсоводом в Политехническом музее в Москве.

Однако эти устройства, несмотря на то, что назывались громко и эффектно роботами, являлись всего лишь игрушками, в задачу которых входило удивлять и забавлять. В то же время стали появляться первые зрелые плоды "кибернетического древа". Инженеры начали разрабатывать устройства, которые, хотя и скромно назывались кибернетическими игрушками, создавались отнюдь не для развлечения. Они служили примером практического воплощения идей кибернетического управления, моделируя весьма целесообразное поведение насекомых и животных.

Наибольшую известность среди кибернетических игрушек приобрели представители так называемого "кибернетического зверинца" - устройства, воспроизводящие различные формы поведения и внешне несколько напоминающие животных -

черепах, жуков, белок, собак и т. п. Первые простейшие схемы таких устройств, способных двигаться в направлении света - "моль" или удаляться от него - "клоп", разработал еще Н. Винер.

Наибольшую известность приобрели три "черепахи", созданные английским биофизиком и нейрофизиологом Г. Уолтером в 1950-1951 годах. Эти простейшие игрушечные роботы представляли собой самодвижущиеся электромеханические устройства, способные воспроизводить следующие виды целесообразного поведения насекомых и животных: движение на свет или от него, обход препятствия, поисковые движения, заход в "кормушку" для подзарядки разрядившихся аккумуляторов и т. п.

Черепашка Грея - миниатюрная тележка на колесиках, которые вращаются электромоторчиком. Другой электромотор поворачивает руль. Тележка возит на себе аккумулятор, который служит источником питания.

На тележке есть также фотоэлемент, электрический контакт, замыкающийся при столкновении с препятствием.

"Мозгом" черепашки является несложная электронная схема. Несмотря на видимую простоту, черепашка ведет себя довольно "осмысленно". В полутемной комнате или при слабом рассеянном свете она ползает в разных направлениях, словно что-то ищет. Натыкаясь на препятствия, она пытается их обойти, чуть отходя назад и поворачивая вбок. Если в комнате зажигается достаточно яркая лампа, черепаха решительно направляется в ее сторону. Подойдя к источнику света, она поворачивается и, как бабочка, двигается вокруг него, находя и поддерживая оптимальные "условия существования".

Другой робот - белка Э. Беркли - имеет уже два фотоэлемента, две лапки, которые могут сдвигаться и раздвигаться на уровне пола, маленький металлический хвостик, который волочится по полу. Белка собирает орешки разбросанные в беспорядке белые мячики для игры в гольф - и складывает их в "гнездо" - на металлическую подстилку. Вот белка заходит в пустую комнату, где на полу разбросаны мячики. В углу комнаты металлический лист, освещенный мигающей люминесцентной лампой, изображает гнездо. Белка наугад движется по комнате, пока в "поле зрения" фотоэлементов не попадает "орех" - белый мячик. Тогда она направляется к нему, раздвигает лапки, останавливается, сдвигает лапки, схватив шарик, затем поворачивается и ищет гнездо. Поскольку оно освещено мигающим светом люминесцентной лампы, белка легко находит его, заползает на металлический лист и останавливается. Замыкание контакта между листом и ее металлическим хвостиком показывает, что она "дома". Раздвинув лапки и

выпустив "орех", она снова отправляется на поиски.

Кибернетический зверинец разрастался, увеличивался и "интеллект" зверюшек. Наиболее совершенные моделировали такие сложные биологические процессы, как формирование условного рефлекса. Если в момент столкновения с препятствием "дрессировщик" подавал звуковой сигнал, то через несколько таких повторений "зверек" начинал реагировать на сигнал так же, как на препятствие.

И все-таки, несмотря на все головокружительные трюки, которые проделывали эти электронные "создания, они оставались лишь кибернетическими игрушками, призванными продемонстрировать нам "неограниченные возможности кибернетики". Это был счастливый возраст роботов, когда электронные "чада" весело резвятся, а ах "родители" приглашают всех полюбоваться на очаровательные создания и восхититься их талантами. Но тогда роботы не более чем хитроумные игрушки для взрослых. Или в них заключается нечто иное?

Давайте подумаем, от какого слова произошло слово "робот" и вообще, как оно появилось?

Почти любая популярная статья или книга о роботах начинается с объяснения того, что слово "робот" ввел чешский писатель Карел Чапек. Сделал он это в 1920 году в своей пьесе "RUR", или "Россумские универсальные роботы". В ней изобретатель и его сын строят машины гуманоидных форм, которые, заменяя живых людей, трудятся на фабриках и заводах. Но вот его соотечественник, автор научно-популярных и научно-фантастических книг Людвиг Соучек (1926-1978), в своей книге "Иллюстрированный исправитель распространенных ошибок" подробно рассказывает нам о том, как это произошло. Слово "робот", хотя и было впервые употреблено в пьесе К. Чапека "RUR", откуда и начался его путь по свету, не является, однако, вопреки распространенному мнению продуктом языкового творчества самого писателя. По свидетельству самого К. Чапека, это слово придумал его брат Йозеф, которого автор пьесы попросил посоветовать, какое имя дать действующим в этом произведении искусственным людям. У него уже, правда, было одно название - лаборы (от латинского слова "работа"). Но это название казалось писателю чересчур вычурным. Йозеф, сидевший тогда за мольбертом, даже не отрываясь от рисования, проворчал: "Ну так назови их роботами..." Он просто взял за основу то же слово "работа", "труд", но перевел его на чешский язык. И новое слово пошло путешествовать по страницам сначала фантастических, затем научных и, наконец, популярных изданий. Само слово "робот" образовано от чешского слова "rabota" - барщина,

тяжелый, каторжный труд. Значит, робот - это рабочий, это труженик, это помощник человека.

Можно, конечно, сказать, что электронные "люди" и "животные" тоже выполняют определенную работу. Например, робот "Сепулька" - работу экскурсовода, белка Беркли - работу сборщика мячей для гольфа. Однако эти уникальные устройства вряд ли смогли бы совершить ту революцию в технике, свидетелями которой мы являемся.

Сегодня более ста тысяч потомков кибернетических игрушек трудятся на предприятиях во многих странах мира. Тысячи промышленных роботов эффективно работают на Волжском и Камском автозаводах, на ЗИЛе и ВЭФе, на Петродворцовом часовом заводе.

Таким образом, предвидение К. Чапека получило конкретное техническое воплощение, которое привлекло к себе внимание ученых и производственников, открыв, как теперь принято говорить, "новую эру автоматизации производства".

Обратимся же к истории роботостроения. Современный промышленный робот возник не на пустом месте, он прямой потомок автоматических станков, линий и заводов, в изобилии применявшихся в промышленном производстве.

В 1950 году в СССР создан первый завод-автомат, который выпускал автомобильные поршни. В конце 50-х годов разработаны станки с числовым программным управлением, а в середине 60-х годов - программные станки с автоматической сменой инструмента, так называемые обрабатывающие центры. Несмотря на кажущуюся или фактическую примитивность подобных автоматов, они чрезвычайно широко распространены. Они полностью утратили сходство с человеком, и поэтому их не относят к роботам, хотя в принципе это тоже роботы. Такой обрабатывающий центр имеет специальный магазин барабанного типа, как у револьвера, где хранятся многочисленные инструменты, которые могут понадобиться в работе.

Автоматически, по командам устройства управления осуществляется смена инструмента. Она производится с помощью специального приспособления с двумя небольшими манипуляторами. Магазин поворачивается так, чтобы нужный инструмент оказался в самом верху, где его удобно взять левым манипулятором. Он опускается, захватывает инструмент, и, пока магазин движется, поднимается вверх правый манипулятор (так и хочется сказать рука), он в это время вынимает инструмент из шпинделя станка, чтобы освободить место для нового. Теперь руки меняются местами. Одна с новым инструментом вставляет его в шпиндель, другая со старым, снятым, ставит его в магазин.

Станок готов к новой операции.

Чтобы деталь можно было обрабатывать со всех сторон, станок снабжен специальным поворотным столом, на котором закрепляется обрабатываемая деталь. Точность ее перемещения контролируется специальной следящей системой.

Манипуляторы обрабатывающего центра, используемые для смены инструмента, - ближайшие родственники современных промышленных роботов. Эти автоматические транспортирующие устройства используются на различных вспомогательных операциях: загружают детали на станок, закрепляют в шпинделе, снимают обработанные детали и т. п. Некоторые фирмы стали специализироваться на производстве подобных транспортирующих устройств все более и более универсального назначения. Наконец, выпустив очередной многоцелевой автоматический манипулятор, предприниматели снабдили его броским рекламным названием - "промышленный робот". Он и стал первым образцом робота, применяемого в промышленности.

Вот где пересеклись две параллельные прямые: копирующие человека автоматы, андроиды и киберы встретились с мощным потоком автоматизации промышленного производства. Это случилось тогда, когда очередная ступень автоматизации персонифицировалась в копировании движений человека, обслуживающего станок.

Итак, матерью современного промышленного робота является представительница древнего рода, принцесса - андроид, его отец - простой работяга, токарный станок.

ЮНОСТЬ

Человечество XX века "старательно" играло в свои игрушки антропоморфные механизмы; фантасты проигрывали разнообразные "конфликтные" ситуации, мир взрослел, и роботы выходили со страниц книг на производственную сцену. Фантастика, экзотика, реальность - вот путь, который прошли роботы всего за сорок лет.

Во второй половине 50-х годов советская школа теории механизмов и машин начала заниматься проблемами роботов и манипуляторов. В марте 1958 года на Втором всесоюзном совещании по основным проблемам теории механизмов и машин выдающийся советский ученый И. Артоболевский поставил проблему стыковки науки о механизмах и кибернетики. Он указал- на работы по созданию биоэлектрической системы управления механической рукой, которые были выполнены коллективом ученых Института машиноведения.

В июле 1965 года в Москве был созван первый симпозиум по теории и принципам устройства манипуляторов. Симпозиум

открывался докладом А. Кобринского и Ю. Степанова, освещающим основные проблемы теории манипуляторов.

В 60-х годах практические модели подобных устройств разрабатывали многие специалисты нашей страны. В 1968 году в Ленинградском политехническом институте имени М. И. Калинина при участии ученых Ленинградского института авиационного приборостроения и Института океанологии АН СССР была создана модель робота для проверки возможностей ее использования при глубоководных работах. В это же время были начаты работы по созданию промышленных роботов с так называемым числовым программным управлением (ЧПУ). В 1971 году уже функционировали первые опытные образцы: универсальный манипулятор УМ-1, созданный под руководством П. Белянина и Б. Родина, робот "Универсал-50" под руководством Б. Сурина, а также робот УПК-1 под руководством В. Аксенова.

Манипулятор УМ-1 был первым отечественным роботом, применяемым на серийных предприятиях нашей страны. В 1972-1973 годах впервые в СССР было освоено серийное производство промышленных роботов УМ-1.

Широкий размах приобрели исследования и разработки промышленных роботов за рубежом. В 50-х годах американский изобретатель Дж. К. Девол запатентовал принцип универсальной вспомогательной машины.

В 1958 году ему удалось начать научно-конструкторские работы, а в 1962 году фирма "Юнимейшен" выпустила первые промышленные роботы модели "Юнимейт Марк II". Эта довольно громоздкая машина благодаря высокой надежности, неприхотливости и хорошим динамическим качествам ухитрилась не устареть до сих пор.

Вот уже более двадцати лет роботы семейства "Юнимейт", не претерпев существенных изменений, выпускаются и используются в промышленности.

Таким образом, на Западе первыми были признаны и нашли сбыт американские промышленные роботы "Юнимейт" и "Версатран", разраоотанные фирмами "Юнимейшн" и "Американ машин энд Фаундри". За ними рядами двинулись в производство когорты роботов:

"Аутохэнд" и "Флексимен", "Праб", "Аутобот" и "Трансфербот", "Мобилити", "Трансива", "Минитрен" и т. д. и т. п. Предприниматели поняли, что использование робота сулит немалые прибыли. В одной из статей, посвященных появлению роботов на заводах США, в частности, говорилось: "В металлообрабатывающей промышленности появился новый тип производственного рабочего. Он не состоит в профсоюзе, не пьет

кофе в обеденный перерыв, работает по двадцать четыре часа в сутки и не интересуется пособиями или пенсионной оплатой. Он осваивает новую работу за несколько минут и всегда выполняет ее хорошо. Он никогда не жалуется на жару, пыль и запахи и никогда не получает увечий на работе. Он - промышленный робот".

В 1976-1982 годах в промышленность нашей страны было внедрено около 10 тысяч отечественных автоматических манипуляторов. По их количеству наша страна занимает сейчас второе место в мире после Японии.

В текущем пятилетии народное хозяйство получит еще 40-45 тысяч промышленных роботов. Они дадут около 500 миллионов рублей экономии.

Возникает вопрос: действительно ли промышленный робот должен быть похож на человека, в какой степени важно его "человекообразие"? Ответ на этот вопрос весьма прост: в той степени, в какой робот должен заменить человека на его рабочем месте.

Человек создал вокруг себя целый мир, приспособленный к нашей собственной природной "конструкции": мебель, лестницы и двери в доме, инструменты и станки в цехе, индикаторы и ручки управления в автомобиле, метро и трамвае. Все, буквально все приспособлено "под человека". Машина, которая сможет постоянно действовать рядом с человеком (коллега-робот), использовать рассчитанные на человека вещи, должна, очевидно, походить на человека. Это и экономно (не нужно переделывать техносферу), и разумно. Таким образом, человекоподобный робот или антропоморфный механизм-манипулятор не фантастика, а насущная реальность. Вот почему, начиная со времени первых андроидов и до сего дня, происходит колоссальный процесс самопознания человека, моделирования функций живого. Человечество как бы действует по принципу: "Построим копию - мижет быть, поймем, как действует оригинал". Таким образом, основная проблема роботехники состоит в осознании основных механизмов движения, ощущения и мышления и их моделирования в поведении роботов.

Роботы первого поколения моделируют двигательные функции человека и животного, они берут и кладут, поднимают и опускают, вынимают, встряхивают, кроме того, робот ходит, скачет, перелезает и марширует.

Роботы второго поколения моделируют функции ощущения; они видят и слышат, обоняют, осязают и высматривают.

Наконец, роботы третьего поколения моделируют функции мышления: узнают и вспоминают, соображают и пробуют,

ошибаются и учатся на ошибках.

Изучая и применяя различные поколения роботов, мы должны хорошо понимать, что сами роботы - это всего лишь часть единой системы - нашей технической цивилизации. Составляющие робота: манипуляторы, микрокомпьютеры, датчики и т. п. - производные этой единой системы. Рассматривать любой элемент этой совокупности отдельно, оторванно от всего целого - значит намеренно сузить поле нашего зрения, оставить за бортом все море фактов и сосредоточиться на той лужице, которая случайно образовалась на палубе нашего корабля. Поэтому, описывая эволюцию промышленных роботов, мы будем иногда отвлекаться от основной темы, чтобы не потерять этого цельного видения.

РОБОТЫ ПЕРВОГО
ПОКОЛЕНИЯ
ОБУЧАЕМЫЕ
МАНИПУЛЯТОРЫ
ЖИЗНЬ - ЭТО ДВИЖЕНИЕ

Роботы первого поколения с успехом воспроизводят двигательные функции человека. Они берут и кладут, поднимают и опускают, вынимают и вставляют, переворачивают и встряхивают, достают и опрокидывают.

Все это разнообразие движений, умноженное на современный промышленный инструментарий, позволяет роботу не только перемещать детали и заготовки, но и красить, шлифовать, сваривать и резать, упаковывать и маркировать, сортировать и отбраковывать и даже стричь, рисовать, играть на пианино и резать по мрамору.

Чудо человеческого движения: плавные па балерины, точные движения рук хирурга, творящие пассы скульптора, микроскопические движения ювелира... какая бездна тончайшей координации, какая свобода движения!

Любое тело, находясь в свободном состоянии, имеет шесть "степеней свободы", оно может перемещаться вдоль трех координатных осей и вращаться вокруг них.

Рука человека имеет 27 степеней свободы, из них 20 приходится на кисть руки и пальцы. Человеческое тело в целом имеет несколько сотен степеней свободы.

Эта подвижность обеспечивается многочисленными мышцами: 52 пары мышц на руки, 62 пары на ноги, 112 мышц спины, 52 мышцы грудной клетки, 15 шейных мышц и т. д. Естественно, что моделирование движения такой сложной системы привело бы к механизмам чрезвычайной сложности, огромных размеров и слабой надежности в работе. Нужно ли

такое богатство двигательной активности роботу?

Разумеется, нет! Как раз важно обеспечить оптимальный минимум движений для выполнения поставленной задачи, не упустив при этом важных свойств необходимой универсальности робота. Поэтому современные механические руки имеют всего шесть-восемь степеней свободы.

Пусть нам поручено создать манипулятор промышленного робота - аналог руки человека. Что нам понадобилось бы для этого, кроме необходимого упорства и терпения? Во-первых, наша механическая рука не будет висеть в воздухе, она должна к чему-то прикрепляться, необходимо основание, или тело робота. Затем нужна сама рука, то есть некоторый аналог костей скелета. Чтобы рука могла двигаться самостоятельно, поднимать тяжести и манипулировать ими, ей нужны мускулы. Все? Ничего не забыли? Нет, не все. Мы забыли самое главное, без чего рука безжизненно повиснет плетью или согнется в "три погибели". Это мозг, то, что управляет всем многообразием ее движений. Теперь все, можно приступать.

Примерно так же, только гораздо квалифицированней, рассуждали первые роботостроители. Они без зазрения совести пользовались незапатентованными идеями природы, создавая конструкции "по своему образу и подобию".

Каждый промышленный робот состоит из двух основных частей: манипулятора и программатора. Первый осуществляет все необходимые движения, второй все необходимое управление.

Описывая конструктивную компоновку промышленного робота, невозможно удержаться от естественной аналогии с человеческим или животным "механизмом".

Каждый промышленный робот имеет "мозг" - устройство управления и механическую часть, включающую "тело" и "руку". Тело робота, как правило, массивное основание, или, как его называют, станина, а рука - многозвенный рычажный механизм - манипулятор. Чтобы рука могла совершать положенное ей многообразие движений, она имеет мышцы - привод.

Задача мышц - преобразование сигналов мозга в механические перемещения руки. Венчает механическую руку, кисть или захватное устройство - схват.

Большинство промышленных роботов имеет одну руку, но существуют и роботы, обладающие двумя, тремя и более руками.

По конструкции механические руки робота могут либо повторять схему конечности животного и человека, либо иметь другую природу. Как правило, они устроены в соответствии с тремя принципами.

Первый принцип - механическое моделирование конструкции

руки человека. Здесь рука робота имеет суставы: предплечье, локоть, кисть, построенные по принципу осевого или шарового соединения. Гидравлические или электромеханические мышцы роботов обеспечивают подвижность этих суставов почти так же, как и в живом организме.

Второй принцип базируется на совокупности линейных перемещений специальных штанг: горизонтальном, вертикальном, угловом, которые обеспечивают необходимую подвижность руки робота.

Третий принцип основан на комбинации двух предыдущих.

Большинство промышленных роботов (назовем их ПР) обладают устройствами руки, имеющими три-пять степеней свободы. Захватное устройство - кисть имеет еще две степени свободы. Иногда и сама станина имеет возможность перемещаться на одну-две степени свободы (например, вращательное и вертикальное перемещения).

Замечено, что роботы с вращательными соединениями по сравнению со скользящими поступательными обладают при прочих равных условиях большим объемом обслуживаемого пространства.

Как же устроены мышцы роботов, какая сила заставляет эти железные руки поднимать тяжести и исполнять сложные движения? Путей развития таких исполнительных элементов несколько. Для достижения большой грузоподъемности, свыше ста килограммов, используется гидравлический привод; для выстраивания в технологические линии на заводах точного машиностроения - электрический; а при работе с химическими веществами более безопасны пневмосиловые устройства.

Кроме того, возможны разнообразные комбинации приводов, например пневмогидравлические. Здесь в качестве основного привода используется пневматический, а гидравлический служит для повышения силовых возможностей, для улучшения динамических характеристик, в частности для стабилизации скорости и торможения. Известно применение электроприводов в качестве задающих устройств для более мощных гидравлических мышц.

По зарубежным данным, около половины используемых в настоящее время роботов имеют пневматические мышцы, приблизительно 40 процентов гидравлические, остальные - электромеханические и прочие.

При конструировании рук робота приходится решать массу необычных проблем. При этом, естественно, не обязательно копирование возможностей человеческой руки. Как раз наоборот, зачастую приходится думать, как научить робота делать то, что

человеку не под силу. Нельзя, например, обработать заготовку с точностью до одного микрона вручную, робот же справляется с этой непростой задачей весьма успешно. Используемые в настоящее время промышленные роботы имеют грузоподъемность от нескольких десятков граммов до трех и более тонн, число степеней свободы от двух до шести и более, точность позиционирования 0,05 - 5 миллиметров, объем обслуживаемого пространства - 0,01 - 10 кубических метров. Однако эти характеристики взяты в среднем. В Англии, например, выпущен робот для установки на шлифовальный станок валов массой двенадцать тонн. Как показало специально проведенное обследование, 80 процентов промышленных роботов применяются для манипулирования деталями и изделиями массой менее одного килограмма, чаще всего цилиндрической формы, диаметром до 50 миллиметров.

Пневматические "мышцы" робота построены с помощью набора пневмоцилиндров для создания поступательного движения, пневмодвигателей для вращательного. Они используют специальные пневмоклапаны для управления и регулировки скорости перемещения и остановки поршня. Управление таким приводом весьма просто. Усилие, развиваемое на штоке пневмоцилиндра, зависит от давления сжатого воздуха и легко регулируется с помощью специальных клапанов. К преимуществам пневматических мышц относятся безотказность в работе, сокращение необходимой рабочей плоскости, так как приводы располагаются обычно прямо на механических узлах, низкая стоимость, простота обслуживания и ремонта. И хотя пневматический сигнал передается несколько дольше электрического, время переключения пневматического вентиля меньше. Пневмопривод работает от автономной установки или от общей воздушной магистрали.

Гидравлический привод по принципу действия аналогичен пневматическому. Только вместо сжатого воздуха здесь используется жидкость. Он обладает большей мощностью и используется для самых могучих рук роботов (до нескольких тонн). Однако гидроприводы требуют более квалифицированного обслуживания и в случае утечки жидкости могут загрязнять окружающую среду.

Еще совсем недавно число роботов, основанных на электрических приводах, было сравнительно невелико.

Однако в последнее время электродвигательные мышцы роботов завоевывают все большую популярность. Это прежде всего связано с такими принципиальными преимуществами электромеханических приводов, как легкость и удобство монтажа

и наладки, простота эксплуатации, наконец, отсутствие шума при работе и грязи от утечки жидкости.

До недавнего времени развитие такой простой и удобной мускулатуры сдерживалось отсутствием специальных электродвигателей, ,ведь роботу требуется двигатель с лучшей, чем обычно, перегрузочной способностью и малым моментом инерции ротора. Появление специальных электродвигателей с печатным цилиндрическим или дисковым ротором, с гладким ротором, с линейным движением быстро ликвидировало эту прореху. Электрический привод обеспечивает хорошие динамические характеристики разгона, остановки, поворота, повышенную точность позиционирования (меньше 1 мм) и широкую маневренность. Электроприводы применяются и для большинства образцов очувствленных роботов второго поколения. Это связано не только с удобством эксплуатации и отсутствием шума, но и с большей гибкостью электроприводов в отношении реализации необходимых алгоритмов адаптивного управления.

Знаменитый Шерлок Холмс отличался поразительной наблюдательностью. По мельчайшим признакам он опознавал профессиональную принадлежность своею очередного клиента. Внимательно рассмотрев руки человека, он делал вывод о том, чем он занимается, каковы его профессиональные обязанности. Как же сказывается профессия робота на внешнем виде его рук, смог бы проницательный Холмс и здесь применить свой знаменитый дедуктивный метод?

Роботы применяются на самых разнообразных операциях и работах с деталями, которые резко отличаются по прочности, массе, габаритам, конфигурации, расположению центра масс, шероховатости. Детали могут быть керамическими и стеклянными, пластмассовыми и металлическими. Массивные поковки и крупногабаритная тара, стальные листы и кирпичи, листы из стекла и стеклянные трубки. Робот может манипулировать с собранными узлами или с тарой с насыпанными легкими деталями, емкостями с жидкостью и, кроме того, работать различными инструментами: распылителем, гайковертом, пневмоотверткой, паяльником или сварочными аппаратами.

Взглянув на "руки" промышленного робота, почти любой человек, даже не обладающий проницательностью Холмса, сможет, немного подумав, определить сферу "профессиональных интересов" робота. Вот клешни из трех крюков для круглых поковок, вот присоски, как у осьминога, для стеклянных листов. Вот ковш для сыпучих материалов и т. д. и т. п. Еще проще разобраться в обязанностях робота, если "руки" его снабжены

специализированным инструментом: сверлом, краскораспылителем, гайковертом и т. п. Инструмент закреплен прямо на руке, а не в схвате, теперь уже ненужном.

Поразительная универсальность руки человека - продукт длительной эволюции. Нужна ли такая универсальность роботу, оправдана ли она технически и экономически? Навряд ли, по крайней мере, на данном этапе эволюции робота. Вспомним, как разнообразны и специализированы конечности и "руки" животных.

Плавники и когти, присоски и клешни, хобот слона, хвост обезьяны, щупальца осьминога... Примерно так же разнообразны оконечные устройства "рук" робота.

Здесь человек "похитил" у природы не один десяток технических идей.

Наиболее распространена "двупалая лапа" наподобие клюва птицы или клешни краба. Она отлично выполняет функции взятия и переноса большинства типов деталей механообработки. Если же требуется более надежное удержание детали, особенно круглой формы, применяется трехпалая кисть - почти точное подобие птичьей лапы. Заметим, что птица легко удерживается на круглой ветке дерева при весьма высоком относительно ветки центре тяжести.

Если деталь крупная, длинная, применяются многоместные захваты несколько двупалых или трехпалых рук хватают длинную трубу во многих местах.

Для транспортировки жидкости используется ковш, для взятия сыпучего материала - трехпалый ковшик, чемто напоминающий хитиновые надкрылья жука или складывающиеся лепестки тюльпана.

Если деталь имеет достаточно большую поверхность, применяются присоски по типу осьминожьих.

Особая форма или мягкость присосок позволяет брать не только гладкие стальные, пластмассовые, стеклянные листы, но даже гофрированные детали или фигурные штампованные изделия.

Есть в арсенале робота и "собственные патенты" - схваты магнитные, они надежно удерживают стальную или жестяную деталь, когда подобрать мало-мальски подходящий механический "хвататель" не представляется возможным. Здесь используются как электромагниты, так и постоянные магниты, иногда с механически изменяемым силовым полем.

Для захвата деталей типа труб и полых цилиндров изнутри используются раздвигающиеся пальцы, специальные надувные груши, а то и просто палочка штырь, продеваемый в цилиндр.

На выставке НТТМ-82 демонстрировались роботы, искусно манипулирующие с электролампами. Кроме прочих, весьма привлекательных достоинств, один из роботов имел хитроумный захват в виде резиновых гофрированных хоботков. Когда воздух подавался в кисть, хоботки, раздуваясь, изгибались и захватывали лампочку за тонкостенную стеклянную колбу с деликатной осторожностью, но прочно. Масса нежных присосок-пальчиков используется для манипуляции с мягкими изделиями, например шоколадными конфетами или диетическими яйцами.

Различаются "руки" роботов и по размерам: есть экземпляры лапищ для многотонных валов, а есть миниатюрнейшие щипчики-пинцетики для изделий микроэлектроники или часовых шестеренок. Некоторые пальчики-усики манипулируют с детальками, различимыми лишь в микроскоп. Существуют и пятипалые "руки", подобные кисти человека, однако такие образцы в силу сложности конструкции, и особенно управления, - пока прерогатива лишь лабораторных моделей.

Окружающая нас природа - неиссякаемый источник радости, жизни и здоровья. Человек, ушедший от природы в города, квартиры, отгородившийся от нее стеной, окном и асфальтом, тянется к ней, даже не осознавая, зачем ему это.

Писать о красоте с утилитарных позиций - несомненное интеллектуальное варварство, но психология современного прагматика зачастую невосприимчива к эфемерным категориям прекрасного. Поэтому мы скажем о природе с точки зрения нашей проблемы - промышленной роботехники.

Природа не патентует своих изобретений, она наладила массовое производство огромного множества естественных механизмов, наделенных тонкими конструктивными решениями и блестящим физическим воплощением. Мы используем лишь малую толику этого богатства, варварски уничтожая остальное. За последние сто лет полностью исчезли с лица земли десятки видов животных и растений, еще сотни находятся на грани уничтожения. Мы уже никогда не сможем воспользоваться ни их техническими новинками, ни просто красотой и грацией. Красная книга экологов - это не что иное, как собрание патентов природы, которые человек пытается защитить от забвения.

ОДА ПЕШЕМУ ХОДУ

И. Артоболевский и А. Кобринский, основываясь на плодотворной аналогии между роботом и человеком, условно разделили совершаемые ими производственные движения на три типа: локальные, региональные и глобальные. Локальные движения - это все то многообразие манипуляций, которое мы совершаем посредством кистей рук: взять, положить, перевернуть,

вставить, вынуть. Региональные движения совершаются с использованием механических возможностей всей руки: перенос детали с одного места в другое при неподвижном основании робота. Наконец, глобальные движения это перемещение самого робота.

Специфику локальных и региональных движений мы интенсивно обсуждали выше, в то время как глобальные перемещения робота остались в тени. Это и понятно, глобальные движения - прерогатива транспортных систем: автомобилей, электрокаров, вездеходов и луноходов. Здесь используется весь инструментарий многовековой истории транспорта: колесо, рельс, монорельс, гусеница и т. п. Однако существуют и специфические, только роботу присущие средства передвижения. Это ближайшие родственники манипуляторов педипуляторы, или, попросту говоря, ноги (manus по-гречески - рука, pedis - нога). Ну уж это ненужная экзотика, скажет читатель, неужели им мало колеса, не слишком ли далеко заходят эти роботехники в своем ненасытном желании внедрить природные патенты? Разумеется, читатель вправе так рассуждать.

Имея перед глазами многовековую историю колесных транспортных средств от телеги до современного лунохода, мы склонны считать шаговый принцип передвижения более примитивным и недостойным нашего технического века. С первого взгляда нам кажется, что колесо, несомненно, эффективнее ног. К примеру говоря, человек на велосипеде тратит лишь половину энергии пешехода. Почему же тогда природа избегает колес? Почему колесо эффективное средство передвижения, изобретенное человеком, - никогда не использовалось природой в процессе эволюции животного мира? Почему, скажем, нет крыс на колесах или рыб, использующих гребной винт? Ответ, возможно, состоит в том, что они имеют нечто лучшее...

Рыбы перемещаются в воде с помощью движений хвоста, при этом КПД оказывается равным 95 процентам, в то время как гребной винт обеспечивает максимум 60 процентов. Загадка скорее состоит в том, почему технические специалисты не обращают внимания на способ передвижения рыб.

Но ведь колеса точно эффективней ног. Однако и здесь разгадка может крыться в том, что колеса хороши лишь на гладкой и твердой поверхности. А в природе она встречается редко. Поэтому естественный отбор не благоприятствовал появлению животных на колесах в процессе эволюции. Известно, что колеса беспомощны на мягкой почве -вспомним автомобиль, засевший в грязи, - не приспособлены для перемещений по

вертикали, стесняют повороты на ограниченной площади. Такие соображения кажутся более убедительными, чем теория о плохой сочетаемости кровеносных сосудов и нервов с вращающимися соединениями или гипотеза о том, что эволюция просто случайно не "наткнулась" на принцип колеса.

А как же вездеход? Он ходит "везде" без всякой дороги? Ну, во-первых, не везде, а во-вторых, его колесо покоится на жесткой мостовой - гусенице, которую вездеход сначала прокладывает "перед собой", а затем сам по ней передвигается. Шагоход же эффективно перемещается по любой поверхности. Он может легко менять походку: подниматься на "цыпочки", чтобы не зацепить днищем за стоящий поперек дороги станок, присесть, чтобы пролезть под низко расположенный трубопровод, повернуться, переступая ногами почти на пятачке. Всюду здесь ноги удобней, чем колеса, поскольку современное промышленное предприятие порол так же "непроходимо", как "коварные джунгли Амазонки".

Прежде всего у конструкторов возник вопрос: каково оптимальное количество ног? Почему у сороконожки сорок ног, у жука - шесть, у животного - четыре, а у человека - две? Много ног - это высокая устойчивость машины, но и необычайно сложная задача координации их движения. Не стоит ли в прямой зависимости от количества ног развитие двигательного мозгового центра? В природе сороконожка не задумывается над своей походкой. Однако инженер, конструирующий сороканожной механизм, обязан растолковать машине все тонкости ее перемещений, и если в известной притче сороконожка, пытающаяся понять, как же она ходит, немедленно запутывалась, то конструктор шагохода работает "без права на ошибку", исключая многосложные варианты конструкции, стараясь найти минимальную конфигурацию.

Специалисты пришли к заключению, что для надежной устойчивости движения машине достаточно шести ног, так как три точки опоры в состоянии покоя самое устойчивое положение. Не случайно штатив фотоаппарата или теодолита - это популярный треножник.

История создания ноги робота начинается с середины XIX века. Русский математик П. Чебышев стал родоначальником целого направления в конструировании шагоходов. Он сконструировал знаменитую "стопоходящую машину", представляющую собой комбинацию четырех лямбдаобразных механизмов в виде греческой буквы Я. Пока башмак ноги опирается на грунт, корпус машины горизонтально перемещается вперед. Оторвавшись от земли, башмак описывает в воздухе кривую, напоминающую траекторию стопы пешехода.

Последователи П. Чебышева работают в направлении, при котором "лапы" машины копируют движение ног человека или животного - так называемый "траекторный синтез" походки.

И. Артоболевский работал также и над проблемой шагающих механизмов. В докладе, подготовленном им с соавторами и прочитанном на четвертом совещании по проблемам теории механизмов и машин в Ленинграде, были определены требования к шагающему механизму и решены важнейшие динамические задачи, связанные с этой проблемой. Одними из первых в нашей стране шагающую машину создали специалисты Ленинградского института приборостроения. Ее шесть ног усеяны датчиками, так что в электронный мозг машины непрерывно поступают данные и о положении ног в пространстве, и о поверхности, на которую они ступают.

Примерно по тому же принципу работает и шагающий агрегат, созданный совместными усилиями специалистов Института механики МГУ и Института проблем передачи информации АН СССР. В Институте машиноведения создан прообраз машины, объединяющий в себе достоинства многих предыдущих конструкций.

В фильме "Человек и робот" мы видели знаменитую "шестиножку", над которой работал коллектив ученых Института проблем управления - целое содружество математиков, медиков и механиков. "Шестиножка" ходит, преодолевая препятствия из коробок и кубиков, выбирая при этом наиболее удобный маршрут. У нее есть органы зрения и осязания, есть электронный мозг, расположенный, правда, на расстоянии. Машина соединена с ним электрическим кабелем (ведь для этих "простых" шагов нужна целая современная ЭВМ). Однако шесть ног порождают все еще большое число вариантов походок. Переставляя поочередно по одной ноге и варьируя при этом очередность, мы имеем возможность выбрать один из 120 вариантов походок. Перемещая по две ноги, имеем еще девять вариантов. Наконец, можно переставлять по три ноги сразу: две левых - одну правую, две правых - одну левую.

Шестиногий "жук" может идти и быстро и медленно, находясь все время в устойчивом положении.

Для четвероногих машин проблема поддержания устойчивости становится уже более актуальной, хотя здесь у нас перед глазами все еще есть природный прообраз.

Четырехногий "конь" американского инженера М. Листона, снабженный манипулятором, может оказаться полезным в металлургическом производстве, например для транспортировки массивных и горячих заготовок из цехов термической обработки

на участки ковки или штамповки. Первый весьма маневренный вариант такого агрегата обладает грузоподъемностью 300 килограммов. Хотя в нем предусмотрено место для оператора, оно используется лишь при обучении робота.

В движение ноги этого робота приводятся электрическими сервомоторами. Логика перемещения ног фиксируется и воспроизводится с помощью современной мини-ЭВМ.

Национальное управление по космическим исследованиям США ведет активные разработки транспортных ЕОСЬМИНОГИХ и шестиногих машин для разведки лунной поверхности. В этих вариантах функции распределяются так: четыре или три ноги служат для сохранения равновесия, а остальные четыре или три - для передвижения. Внешне эти машины напоминают два соединенных между собой стоящих чемодана. Каждый чемодан скрывает в себе двигатель и шарнирные механизмы четырех ног, одна пара ног шагает коленями вперед, а другая пара - коленями назад в полном соответствии с кинематикой животного.

В Японии доктор А. Мори с сотрудниками в Токийском технологическом институте занимается созданием опытной шестиногой машины.

Из четырехногих машин известны следующие: транспортная машина, созданная фирмой "Дженерал электрик", и конструкция Маг Ги, имитирующая движение лошади.

Из двуногих машин известна транспортная модель фирмы "Дженерал электрик", а доктор Като из университета Васэда в Японии успешно занимается созданием шагающего на двух ногах устройства, имитирующего походку человека. В этом антропоморфном шагоходе используются специально разработанные искусственные мускулы. Они представляют собой гибкие резиновые шланги, соединенные в небольшие грозди по три секции.

В обычном, расслабленном состоянии мышцы пассивно провисают. Для того чтобы привести мышцу в напряжение, в нее подается с помощью тонкого шланга сжатый воздух, и три секции мышцы раздуваются в круглые шарики, в результате чего мышца укорачивается, и соответствующая ей часть скелета ноги поднимается и передвигается.

На сегодняшний день во всех странах мира созданы самые разнообразные шагающие механизмы. Но все они "ходят" совсем не так, как мы. Человек при ходьбе или беге находится в неустойчивом состоянии - если прервать движение, он упадет. Все созданные же до сих пор шагающие механизмы, напротив, постоянно пребывают в состоянии не только динамического, но и статического равновесия, и это сильно ограничивает их

подвижность. Чтобы двуногий робот стал полноценным "ходоком", нужно научить его преодолевать неустойчивость.

Над этой проблемой работает группа ученых из Массачусетского технологического института. Они разработали автономную прыгающую кибернетическую ногу, оснащенную микрокомпьютером и источником питания.

Единственный ее "сустав" - колено, "ступней" служит поперечина, не позволяющая ноге падать набок. Полутораметровая конечность способна стоять, выпрямляться, падать вперед и вновь подниматься. Цель ученых заставить ее перемещаться прыжками в произвольном направлении. В настоящее время робот-одноножка проходит процесс обучения. Его компьютер программирует себя сам, вырабатывая методом проб и ошибок оптимальный способ прыгания. Ошибаясь и "запоминая" свои ошибки, нога по мере приобретения опыта перемещается все более уверенно. "Иногда ее усилия просто трогательны", - заявил помощник руководителя группы.

В исходном положении она лежит на полу. Затем поднимается, медленно падает вперед и достигает позиции готовности к прыжку. Затем подпрыгивает, оттолкнувшись "ступней". После приземления нога попадает в неустойчивое состояние, ее увлекает инерция, и она опять падает вперед. Теперь одноножка готова к новому прыжку.

"Мы бы хотели создать в будущем робота, обладающего силой бульдозера, грацией балерины и ловкостью кошки", - говорят авторы проекта. Возможно, где-то в XXI веке в одной из сказок можно будет прочесть примерно следующее: "Стоит в цеху коттеджик на птичьих педипуляторах, а в коттеджике живет Баба Яга - с микрокомпьютером нога".

ЛЕГКО ЛИ ПОДНЯТЬ БУМАЖНЫЙ СТАКАНЧИК?

Легко ли поднять бумажный стаканчик? А что здесь трудного, взял и поднял! Но не будем торопиться, вдумаемся в ту бездну тончайших "глобальных", "локальных" и "региональных" движений, сложных идеомоторных актов, которые для этого необходимы.

В буфете столовой МВТУ имени Н. Э. Баумана у прилавка толпилась очередь. "Кофе и булочку", - произносил очередной покупатель и, прихватив левой рукой сдачу, правой брал небольшой бумажный стаканчик с горячим напитком, накрытый румяной булкой. Нести его было недалеко - к соседнему столику, расположившемуся в нескольких метрах; за ним покупатель мог вдоволь насладиться горячим напитком со свежей булкой.

Казалось бы, тривиальная задача - перенести бумажный стаканчик с булочкой на расстояние нескольких мегров. Но в

этом движении такое разнообразие проявлений вестибулярной активности, перед которым с благоговением снимает шляпу современный конструктор механических манипуляторов. Как взять стаканчик так, чтобы не сплющить его и не пролить ни капли из налитого до краев горячего напитка? Как взять его так, чтобы не слишком обжечь пальцы горячим кофе? Как, передвигаясь к столику, не расплескать кофе и не потерять булочку, свободно лежащую на стакане? Как не столкнуться с теми, кто в хаотическом порядке движется по миниатюрному пространству буфета? Как не слишком активно поставить стакан на столик и именно туда, откуда его удобнее всего потом взять, чтобы испить вожделенного напитка? Как не попасть каплей на брюки, не подмочить булочку, чтобы потом не испачкать пальцев при еде? Вот сколько проблем! Но покупатель выполнил все задачи отлично, при этом успев обсудить со своим коллегой итоги только что сданного экзамена по робототехнике.

Разумеется, цех современного предприятия не буфет со столиками, и промышленному роботу вряд ли придется манипулировать бумажным стаканчиком и булочкой. Однако тонкостенные электролампы или миниатюрные изделия микроэлектроники не менее чувствительны к рукопожатию механической руки, а современный цех устроен не проще вузовского буфета.

Манипуляционные свойства руки робота многогранны и динамичны. Робот берет детали или тяжелые собранные узлы на разном удалении и неодинаковой высоте, переносит их по сложным траекториям в обход препятствий, продвигая через узкие отверстия, закрепляя в нужном положении на станке, держателе, поддоне. Перемещение происходит с высокими скоростями, в обстановке постоянно меняющейся производственной среды. "Ну и что, - скажет читатель, - на это и даны роботу мощные мускулы, подвижные суставы железного скелета". Это, разумеется, верное замечание, которое свидетельствует о том, что читатель уже неплохо разбирается в "физиологии" робота, однако настало время поговорить и о его "психологии".

Кроме известных силовых свойств, мускулы робота должны быть идеально управляемыми, они должны мгновенно и точно выполнять команды "мозга" расслабляться и напрягаться, производя ровно то усилие, которое необходимо, чтобы поднять, но не раздавить хрупкую лампу, кинескоп, микромодуль. Итак, силовой привод робота- это прежде всего универсальная управляемость.

Как же происходит управление роботом, откуда берется его

"ум", дающий такую бездну манипуляционных возможностей? "Ум" робота берется от его создателя - человека, а человек берет этот манипуляционный ум, наблюдая за самим собой.

"Работая над созданием роботов, я внимательно присматривался ко всему, что мне приходилось делать руками, и пытался представить себе, как мог бы сделать то же самое робот с электронным мозгом. Способность человека к тончайшей координации движений и к оценке возникающих в процессе работы обстоятельств настолько меня потрясла, что я решил серьезнэ заняться телеуправляемыми механизмами..." - пишет известный изобретатель М. Тринг в книге "Как изобретать?".

Промышленные роботы появились в производстве как машины, способные выполнять некоторые функции человека. Прежде всего в их задачу входит перемещение деталей и заготовок либо по заданным заранее траекториям, либо от одной заданной пространственной точки к другой. При рассмотрении аналогичных движений человека, стремящегося попасть рукой в определенное место, можно выделить две основные фазы: динамическую и стабилизирующую. Первая - динамическая - фаза характеризуется высокой скоростью и приближенным направлением движения. Вторая - стабилизирующая - резким снижением скорости и более точным координированием направления, как правило, сопровождающимся колебательными движениями малой амплитуды. Направленное движение происходит при непрерывном зрительном и кинематическом контроле, а конечный результат проверяется осязанием и слухом.

Движение исполнительного механизма современного промышленного робота первого поколения характеризуется теми же фазами, но в стабилизирующей фазе отсутствуют поисковые колебательные движения вблизи конечной точки. Координаты этого положения должны задаваться и воспроизводиться жестко, объекты манипулирования должны располагаться точно в предусмотренном программой месте и точно в таком положении, в котором робот сможет их взять. Ведь робот первого поколения - это "слепой", не имеющий обратной связи механизм.

Человек порой не осознает, как он выполняет то или иное сложное движение: завязывает ботинки, застегивает пуговицы, ставит свою подпись и т. п. Мы выполняем многое рефлекторно, как результат длительной тренировки координации движений, моторики и ориентации.

Вы замечали, как малыш тянется ручками к игрушке, которую он не в состоянии достать? Это он учится координировать зрительные образы с длиной своих рук.

В то же время человеку так и не удается достичь в этом

"робототехнического совершенства". Такой элементарный для робота двигательный приказ, как "передвинь руку на пятнадцать сантиметров вверх", с закрытыми глазами человеку практически выполнить невозможно.

Чтобы понять хотя бы приближенно масштаб проблемы, проведем следующий опыт. Оторвитесь на мгновение от книги и посмотрите вокруг. Зафиксируйте расположение предметов в комнате, на столе, на диване.

Теперь закройте глаза, встаньте со стула или кресла и, не открывая глаз, пройдитесь по комнате, возьмите какой-нибудь предмет, скажем, вазу с цветами и переставьте ее на несколько метров в сторону, на другой стол или тумбочку. Ну как, получилось? Независимо от успеха вашего "манипуляционного акта" вы можете себе представить, какие трудности подстерегают движущуюся руку робота и сколько проблем приходится решать его системе управления.

Попробуйте мысленно проговорить про себя все, что вы проделывали: встать, сделать шаг правой ногой, сделать шаг левой ногой, поднять руку, раздвинуть пальцы, подвести пальцы к вазе, сомкнуть пальцы до соприкосновения с вазой, сдвинуть пальцы так, чтобы сила трения между поверхностью пальцев и вазы была больше, чем вес вазы (иначе ваза выскользнет из пальцев), поднять руку с вазой, повернуться на нужный угол и т. д. и т. п. Это и будет своеобразная программа для робота, правда, очень укрупненная. Такие команды, как "встать", "сомкнуть до соприкосновения" или "сделать шаг правой", сами представляют собой целую программу, или, точнее говоря, на языке программистов, стандартную подпрограмму. Затем эти команды нужно преобразовать в пневматические или электрические импульсы соответствующим мышцам, те, в свою очередь, в соответствующие перемещения, углы и моменты и все это проделать с поистине ювелирной точностью. Современный промышленный робот первого поколения обеспечивает точность позиционирования до 0,1 миллиметра. Чтобы представить себе нечто подобное, попробуйте с закрытыми глазами с расстояния хотя бы сантиметров 30 попасть иголкой в точку в конце данной фразы. Не получилось? Ну что ж, попробуйте еще раз. Опять не получилось? Не отчаивайтесь, попробуйте представить, как "тяжко" промышленному роботу, который должен сделать то же самое с расстояния около двух метров, со скоростью несколько метров в секунду при весе иглы несколько килограммов или даже десятков килограммов.

Это тем более трудно сделать, ибо для промышленного робота первого поколения обучающий его оператор является

единственным источником внешней информации о требуемых действиях. Это поводырь нашего механического слепого. Информация вводится в виде программы работы в память робота, и он выполняет поставленную задачу в автоматическом режиме, не получая уже никакой дополнительной информации извне.

Существует несколько основных способов составления и ввода программы в память робота.

Во-первых, можцо рассчитать программу движения в виде отдельных команд и кадров и затем ввести ее в память робота. Во-вторых, можно осуществить обучение робота путем однократного "образцового" выполнения задачи в режиме ручного управления манипулятором с пульта путем нажатия кнопок и рычагов. В-третьих, можно обучить робота нужным движениям, взяв его механическую руку и проведя по всем необходимым точкам траектории.

Программирование по первому принципу очень похоже на программирование ЭВМ, только вместо адресов данных и команд арифметических и логических операций ЭВМ используются "адреса" точек пространства и команды "манипуляционных операций": поворот рук вправо (влево), выдвижение втягивание, поднятие - опускание, размыкание - смыкание схвата, вращение кисти вправо - влево и т. п. Программа представляет собой набор таких команд и выполняется циклически необходимое количество раз.

Обучение по второму принципу представляет собой "программирование в реальном времени". Оператор с помощью рычагов и кнопок, расположенных на пульте управления робота, принуждает его к выполнению тех или иных движений. Эта совокупность движений записывается в память робота и воспроизводится нужное количество раз.

Третий принцип обучения больше всего походит на обучение ребенка. Как часто, исчерпав терпение, мы говорим малышу: "Да не так, а вот так..." - и проводим его ручкой с ложкой от тарелки ко рту, мелом на доске или пальцем по клавишам пианино. Точно так же можно научить и робота. Опытный сварщик проводит сварочным аппаратом, закрепленным на руке робота, по оптимальной траектории шва. Движение записывается в память робота, и работа закипела. Обученный робот функционирует автономно под управлением мозга, в память которого заложена программа движений.

В простейших роботах используется цикловая система управления, движения осуществляются "от упора до упора". Программоносителем такой системы управления является специальный барабан, усеянный штырьками.

При воспроизведении барабан поворачивается, штырьки включают приводы, приводы "приводят в движение" всю систему. Такие системы управления называют позиционными.

Непрерывная система управления базируется на принципе магнитофона, записывающего на магнитную ленту совокупность электромагнитных импульсов. Эти импульсы посылают приводы, когда рука робота проводится по заданной траектории.

Наиболее "прогрессивным" способом программирования робота является первый из описанных выше, когда программа робота составляется подобно программе для ЭВМ. Дело в том, что составление такой программы для робота можно поручить... другой ЭВМ. А при "массовом производстве" программ это дает немалый эффект. Вот пример подобного программирования.

Рассмотрим технологический цикл нанесения многослойного покрытия на деталь сложной формы "воронка". Воронка имеет "хвост" - удлиненную часть детали и основание - полый конус. В цеху имеется длинная ванна со специальным составом, над которой расположен "мост" для просушивания очередного слоя покрытия. Технология покрытия заключается в следующем. Подойдя к очередной воронке, рабочий берет ее за "хвост" и опускает в ванну, затем переходит к следующей детали. Следующая деталь находится в ванне. Взяв деталь за "хвост", рабочий вынимает ее из ванны и помещает на "мост", где деталь проходит сушку, затем переходит к следующей детали. Дойдя до конца ванны, рабочий возвращается обратно и, смотря по тому, где находится первая деталь, помещает ее либо в ванну, либо на мост для сушки. После десяти таких окунаний деталь готова. Она помещается на транспортер для движения на склад. Укрупненная программа такой операции будет выглядеть примерно следующим образом:

1. Двигаясь далее вдоль ванны, дойти до позиции "мост".
2. Взяв деталь за "хвост", поместить ее в ванну для мокрой обработки.
3. Ждать 10 секунд.
4. Двигаясь далее, дойти до позиции "мост".
5. Взять деталь под "мостом" за "хвост", поместить ее на "мост" для просушки.
6. Повторить 10 раз.

7. Поместить деталь в тару для транспортировки на склад.

8. Взять следующую группу деталей.

9. Вернуться к пункту 1.

Получается примерно так, как в известной детской считалочке:

Еду дальше, вижу мост.
Под мостом ворона мокнет.
Взял ворону я за хвост,
Положил ее на мост
Пусть ворона сохнет.
Еду дальше, вижу мост,
На мосту ворона сохнет,
Взял ворону я за хвост,
Положил ее под мост
Пусть ворона мокнет.
И т. д.

РАБОТА ЗАКИПЕЛА!

Присматриваясь к стремительным и своеобразным движениям промышленного робота, мы еще и еще раз убеждаемся в известной истине: движение не только функционально, оно и эмоционально. То чудится нам в этом движении скрытая угроза, то видится неведомая птица, важно попивающая водицу из металлической лужицы, то паукообразное насекомое, строящее свое гнездо, то вдруг предстает перед нами странный, таинственный шаманский танец, подчиненный идеальному ритму.

Эти танцевальные "па" роботов подсказали специалистам по рекламе отличный фокус: женский танцевальный ансамбль ритмично воспроизводил производственные движения роботов. Причем девушки с особой грацией копировали вроде бы монотонные движения своих стальных "партнеров". И получился в сочетании с ритмичной музыкой очень неожиданный номер.

Короткий этот "фильм-концерт" показывала своим гостям на международной выставке "Автоматизация83" финская фирма "Розенлев" - давний торговый партнер нашей страны.

"Мы избрали средства кино, чтобы представить модульную систему роботов, - говорит один из руководителей компании, Матти Ламми. - Модули - это узлы, в совершенстве освоившие те или иные виды движения - прямолинейные, вертикальные, вращательные... Они легко упаковывают в тару и телевизоры, и хлебные изделия, и бревна, распиленные по лучу лазера. Как в детском конструкторе, из модулей можно создавать поистине универсальные роботосистемы..."

Область возможных и экономически выгодных применений

роботов первого поколения весьма широка.

Они успешно применяются для обслуживания станков, печей, прессов, технологических линий, сварочных аппаратов, литейных машин и т. п. Они эффективно осуществляют установку, транспортировку, упаковку изделий, простейшие сборочные операции, сварку, литье под давлением, термическую и механическую обработку. Особенно широко они применяются в машиностроении и металлургии.

Сейчас нет, пожалуй, такой области промышленного производства, где бы робот не попробовал свои силы, а попробовав, не завоевал бы престижного положения.

Наибольшее число роботов первого поколения работает в автомобильной промышленности. Волжский автомобильный завод, завод имени Лихачева, автомобильный завод имени Ленинского комсомола не только применяют, но и сами разрабатывают и строят промышленные роботы и автоматизированные комплексы.

Среди автомобильных фирм Европы лидирующее положение по применению роботов занимает давний партнер СССР - компания "Фиат". С 1973 года компания работает над проблемой использования роботов в сварочных операциях - сварка автомобильных корпусов модели 132. В связи с подтверждением экономической эффективности такого применения в 1975 году была создана сварочная линия, на которой обрабатывались корпуса модели 131. В результате полученного опыта инженеры пришли к заключению, что сварка с использованием роботов дает значительно меньший процент брака, чем при сварке обычными универсальными сварочными аппаратами. Однако применение роботов требует большой точности работ на предварительных стадиях сборки.

Сразу после осуществления "прихватки" кузов проходит через автоматический контрольно-проверочный пункт, показывающий наличие отклонений по размерам.

На участке завершения изготовления кузовов модели 131 размещается 23 робота-сварщика модели "Юнимейт", которые в час выполняют 620 сварочных соединений на 50 автокузовах, то есть каждый робот в час выполняет работу одного сварщика за смену. Сборка кузовов с четырьмя и двумя дверями выполняется на одной конвейерной линии. Это является единственным изменением программы, хотя "Юнимейт" способен действовать в соответствии с большим количеством программ, что необходимо, если на одной конвейерной линии изготавливается две или три модели автомобилей с различной формой корпусов. Но пока на этой линии "Фиат" данное качество робота "Юнимейт" не

используется.

Первоначально два из двадцати трех роботов на этой линии сварки были оставлены в качестве резерва на случай выхода из строя одного из действующих роботов. Они были запрограммированы на работу по любой из используемых программ. Однако практика подтвердила высокую надежность, и два указанных робота были перепрограммированы на регулярную работу.

В составе линии пятнадцать роботов типа "Юнимейт-2000" и шесть "Юнимейт-4000".

По утверждению специалистов компании, средняя эффективность роботов достигает 94 процентов, тогда как у "многосварочных" автоматов около 80 процентов. И хотя многосварочный автомат выполнял большее количество операций в единицу времени, чем робот, однако при его повреждении вся поточная линия останавливалась. При выходе же из строя одного из роботов поточная линия может продолжать функционировать, так как функции вышедшего из строя берет на себя соседний робот.

Специалисты компании "Фиат" отмечают исключительно высокую надежность роботов марки "Юнимейт".

За весь пятилетний период эксплуатации не было произведено ни одной замены робота. Стоит, однако, сказать, что длительной службе роботов способствовал высокий уровень технического обслуживания: специалисты хорошо изучили наиболее слабые узлы, что позволило осуществлять техническое обслуживание роботов своевременно и в короткий срок. Изнашивающиеся части своевременно заменялись по мере обнаружения признаков износа.

Преимущества программируемоети роботов дают возможность компании более быстро приспосабливать производство к меняющимся условиям рынка. Поистине применение промышленных роботов позволит преодолеть ужасающую тенденцию к единообразию промышленного производства, зародившуюся еще в недрах промышленной революции.

Накопленный опыт не прошел даром. К середиче 1976 года на заводах "Фиат" использовалось уже 90 роботов - 23 на сварке и 67 в основном для механической транспортировки деталей (штампованных изделий, поковок, отливок, изделий машобработки). В целях расширения масштабов использования роботов осуществляются экспериментальные работы по парному применению роботов при сварке. Один из роботов совмещает свариваемые панели, а другой производит точечную сварку.

В настоящее время все ведущие автомобильные концерны Японии используют, и весьма широко, промышленные роботы. Американская фирма "Дженерал дайнемикс" применяет роботы при изготовлении фюзеляжей самолетов, а "Дженерал электрик" - в производстве холодильников. Устройства такого типа используются также в атомной промышленности, где они, манипулируя с радиоактивными материалами, избавляют людей от этой опасной работы.

Существуют и оригинальные профессии роботов, например роботы-пекари. В Москве на 10-м хлебозаводе впервые в стране включился в работу такой необычный пекарь-робот.

...В цехе, где берет начало несколько хлебных "рек":

"ржаная", рядом "бородинская", дальше "орловская", - собран автоматизированный комплекс, положивший начало еще одному потоку хлеба "новоукраинскому". Здесь нашел свою первую трудовую вахту робот, созданный, как и комплекс, коллективом ремонтно-механического комбината Управления хлебопекарной промышленности Мосгорисполкома в содружестве с новаторами завода.

Оператор проверяет температуру в печи. Приборы показывают: термоагрегат готов принять формы с тестом. Включен пускатель, и многочисленные узлы сложного комплекса пришли в движение. Форсунки спрыснули масляной эмульсией формы. Послышался щелчок реле, и конвейер с формами мгновенно остановился.

Этого момента, казалось, и ждал робот. За четырнадцать секунд он заполнил тестом двадцать форм и дал команду передвинуть конвейер. Снова положил в новые формы точно отмеренные куски теста, и снова - команда конвейеру.

Прошло два часа, из печи показались первые буханки хорошо выпеченного "роботического" хлеба. "Внедрение технических новинок даст заметный экономический эффект, - говорит директор комбината. - На тех же производственных площадях выпуск хлеба увеличится на десять тонн в сутки, сократится расход растительного масла, улучшатся условия труда".

Чем отличаются алмазы от бриллиантов? Ответ на этот вопрос знает робот, который трудится на смоленском производственном объединении "Кристалл". Именно этот коллектив одним из первых в стране начал пробовать на шлифовке алмазов механические приспособления, а теперь подключил к этому делу и роботы.

Нелегко, однако, было научить робота превращать алмазы в бриллианты. Ведь для того чтобь! небольшой светлый камешек, как говорится, "заиграл", нужно придать ему определенную

правильную форму, а затем нанести на камешек несколько десятков граней.

Но не просто нанести, а открыть в камне заложенную гармонию и красоту! Да доступно ли подобное роботу?

Пока нет! Для начала специалисты поставили себе задачу поскромнее использовать робот на черновых операциях, то есть на наиболее нетворческих, занимающих тем не менее от 80 до 90 процентов общей трудоемкости при превращении алмаза в бриллиант.

Остальные проценты - это уже в прямом и переносном смысле ювелирная работа, здесь без человека не обойтись.

"Занялись мы внедрением манипуляторов сначала на предварительной шлифовке, - рассказывает генеральный директор объединения И. Судовский. Правда, никто нам этой работы не планировал, а значит, и не финансировал. Такое уж воспитание у наших инженеров: не могут они равнодушно смотреть на ручной труд, пусть даже самый высококвалифицированный, да и дефицит рабочих рук заставил нас искать им замену".

С одним из мастеров своего дела - огранщиком бриллиантов с двадцатилетним стажем В. Карпачеповым - мы встретились на рабочем месте. О манипуляторах он самого высокого мнения. Да и как не быть ему довольным? Ведь еще не так давно и он, как и многие его товарищи, работающие пока без "механических рук", то и дело подносили к глазам ограночное приспособление, через лупу проверяли геометрию, сверяли размеры, теряли на это время, быстро уставали...

Совсем по-иному сейчас: вставил в руку роботу камешек, нажал кнопку - и пошла шлифовка. Рукам же остается чистая, приятная работа - доводка бриллианта до нужных кондиций.

Сейчас только в смоленских цехах "Кристалла" трудятся 380 электромеханических роботов третьего поколения.

Каждый день приносит нам все новые и новые сообщения об оригинальных профессиях робота: роботпожарный, робот-сиделка, робот-музыкант, робот-сборщик. Любая газета, любой журнал может оказаться интересным продолжателем темы этих страниц. Нужно только присмотреться повнимательнее, и мы увидим, как неспешно, но уверенно роботы входят в нашу жизнь.

ЧЕГО НЕ МОГУТ ПРОМЫШЛЕННЫЕ РОБОТЫ?

Да, многое, очень многое могут и умеют роботы, одно только им не под силу. Не могут эти железные работяги сами собой внедряться на заводы и фабрики, на предприятия и объединения. Внедрение промышленных роботов забота человеческая.

"К сожалению, товарищи, как раз с внедрением в практику

достижений науки и техники у нас, как вы знаете, дело обстоит еще плохо. Хозяйственник, который пошел "на риск" и ввел на предприятии новую технологию, применил или произвел новое оборудование, нередко остается в проигрыше, а тот, кто чурается новшеств, ничего не теряет. Разработать такую систему организационных, экономических и моральных мер, которая заинтересовала бы в обновлении техники и руководителей, и рабочих, и, конечно, ученых и конструкторов, сделала бы невыгодной работу по старинке, - вот в чем задача", - сказал на июньском (1983 г.) Пленуме ЦК КПСС товарищ Ю. В. Андропов.

Чтобы робот решительно шагнул в промышленность и сельское хозяйство, на транспорт и в сферу обслуживания, необходимо не только и не столько внедрять роботы как факт, но прежде всего обеспечить такую организационную стратегию роботизации, чтобы внедрение действительно было выгодно, действенно и эффективно. Хозяйственник, внедряющий новое, может оказаться в проигрыше не только потому, что роботы дороги, перестройка производства требует времени и существенных организационно-технических усилий, но и потому, что он, хозяйственник, не сообразовал это внедрение со стратегией роботизации.

Еще недавно при слове "робот" человек восклицал:

"А, фантастика!" - и поудобнее устраивался в мягком кресле, чтобы сладко "интеллектуально" дремать под завораживающую воображение сказку. Он еще и сегодня, проснувшись от дрема прогнозов, ждет от робота фантастического совершенства. Здесь постарались и писатели-фантасты, привив нам восторженный интерес к своим человекоподобным героям, наделенным сверхинтеллектом, сверхсилой, сверхвыносливостью, сверхбыстротой, антропоморфно романтизируя их "жизненный" путь, их служение людям, их "самопожертвование".

А затем выясняется, что современные роботы дороги, сложны, порой капризны в эксплуатации и даже небезопасны для человека. Они зачастую требуют перенастройки всей производственной системы "под себя". Более того, появление робота на производстве вскрывает целый ряд наших чисто человеческих несовершенств, с которыми робот не может мириться. Наше техническое детище - робот, подобно ребенку в семье, заставляет нас взглянуть на себя его глазами - критически.

На производстве действует неумолимый фактор: любая техника должна быть экономически эффективной.

Опытный образец нового манипулятора, как правило, решает задачу, не решаемую другим путем или вообще не решенную до него. Он работает точнее, быстрее, надежней, оправдывая тем

самым свое появление на лестнице эволюции. Появление же робота в цехе подчиняется совсем другим законам экономическим. В цехе робот будет делать то, что делал до него человек, и если применение робота не приведет к существенному повышению производительности, к удешевление продукции, то такая, автоматизация, такой технический прогресс будет нам "не по карману".

Нецелесообразно, например, заменять роботом рабочего, так сказать, один к одному или держать сложного робота рядом со станком, когда деталь обрабатывается несколько часов. Здесь лучше в нужный момент "подкатить" механического помощника или же использовать простейший манипулятор с ручным управлением.

Для успешной эволюции роботов необходимо, чтобы они находили спрос на предприятиях, в объединениях, на транспортных системах и в научно-исследовательских лабораториях. Для этого нужно, чтобы они обеспечивали заметный, желательно невооруженным глазом, прирост эффективности, прежде всего экономической. Такая постановка проблемы учитывает важное, но не всегда близкое сердцу требование, предъявляемое ко всему новому: каждый из новых объектов, вводимых вместо старого, должен иметь перед ним и определенные преимущества. На промышленном предприятии внедрение роботов может увеличить объем продукции, повысить надежность и качество изделий, может снизить расход энергии и материалов, но может и не сделать этого. Сама по себе установка робота еще не свидетельствует об ускорении технического прогресса, если она не улучшает общих системных характеристик. Именно общих, а не отдельных участков цехов или станков.

Таким образом, внедрение робота следует оценивать с точки зрения его влияния на повышение эффективности предприятия в целом, а не отдельных операций и требует комплексного, системного подхода. С этой точки зрения недостаточно, например, просто выявить бракованную деталь, нужно устранить сам источник брака.

Допустим, что мы установили робота-контролера на предприятии, но технологический процесс не изменили.

Качество контроля, конечно, возрастет, доля выпущенных бракованных изделий резко уменьшится или совсем исчезнет, так как контроль робота строгий и точный; уменьшится и число рабочих ОТК, но труд робота окажется бесполезным, поскольку источники брака сохранились и эффективность предприятия осталась на прежнем уровне. Возрастет ли при этом общая

эффективность производства?

Разумеется, нет, потому что контроль, по-видимому, не является "узким местом" на этом заводе, хотя на ряде других предприятий, где качество контроля недостаточно, применение роботов может оказаться главным фактором повышения эффективности всей системы.

Выделение "узких мест", препятствующих расширению производства или являющихся источником брака,- задача, доступная решению только квалифицированных специалистов, имеющих статус системных аналитиков.

Они должны не только досконально знать производство, не только обладать системным взглядом на объект, но и уметь просто считать деньги, то есть быть отчасти бухгалтерами.

Часто приходится слышать от представителей промышленности, что рабочих на производстве не хватает, поэтому они согласны вводить автоматизацию "любой ценой". Но такая точка зрения является наивной, ведь на изготовление робота тратятся труд, электроэнергия, металл, пластмассы, дорогостоящая электроника, что, естественно, отражается на стоимости. И если эти затраты не вернутся обществу с лихвой, то такая роботизация вместо восполнения дефицита рабочей силы будет только увеличивать его. Пусть на нашем заводе мы заменим роботами 50 рабочих и при этом вынуждены будем увеличить численность персонала на заводе, изготовляющем роботов, например, на 100 человек. Будет ли в этом случае такая замена оправданна?

Экспериментальные образцы НИИ и КБ должны быть и универсальными и интеллектуальными. Промышленные же роботы прежде всего экономически выгодными производству, даже если для этого им придется быть проще, глупее и уже ориентированными на то дело, для которого они предназначены.

"Сложилась такая ситуация, когда, как мне кажется, наука оказалась в большом долгу перед страной, - говорит А. Фишкис, лауреат Государственной премии СССР, главный сварщик ЗИЛа, - почти 10 лет идет работа по созданию и внедрению промышленных роботов, но еще и сегодня нет отработанной, надежной конструкции для условий массового производства. Далеко не все, что могли, сделали ученые и конструкторы. Представляется, что они должны были за эти годы отработать три-четыре конструкции типовых роботов и передать их в промышленность. А они увлеклись экзотикой, занялись говорящим роботом. Действительно, это очень интересно. Однако на сегодняшний день производству нужен обычный универсальный робот-манипулятор, но надежный. Увы, его нет!"

Вот один пример. Был создан робот-мойщик, которого предложили опробовать на мойке поршневых колец. Условия работы для человека почти невыносимые: содовый раствор, температура 70° С, испарения. Робот же оказался здесь на своем месте, работая в полтора раза производительнее человека. Однако он не справился со своими обязанностями, как говорят, "не потянул". Почему? Оказалось, что на этом предприятии ни в первую, ни во вторую декады месяца колец просто не выпускали, зато в третьей "гнали" весь план. Робот не смог приспособиться к такому графику. Не выдержал "интенсификации" труда, сломался.

Таким образом, проблема внедрения роботов тесно связана с проблемой дисциплины производства. Не менее остро сейчас встает вопрос о переоснащении цеха, об изменении всего облика производства. А когда вы посмотрите, как двухметровая рука робота летает от станка к станку с колоссальной скоростью, то невольно подумаете и о новых нормах техники безопасности.

ВТОРОЕ ПОКОЛЕНИЕ

ОЧУВСТВЛЕННЫЕ РОБОТЫ

СМЕНА ПОКОЛЕНИЙ

Так же, как и поколения ЭВМ, "поколения роботов" - понятие весьма условное, оно вызвано к жизни тем, что за время короткой истории роботы претерпели существенную эволюцию в смысле элементной базы, на которой они строятся, изменения их структуры, появления новых функций и возможностей, расширения областей применения, характера использования.

Роботы первого поколения - это роботы с программным управлением. Они предназначены для выполнения жестко запрограммированной последовательности операций. Управление таким роботом осуществляется по заранее заданной человеком программе при строго определенных и неизменных условиях функционирования.

Несмотря на широкое распространение и эффективное функционирование, роботы первого поколения "глупы" и "слепы", они лишь выполняют соответствующие инструкции и не способны адаптироваться к неожиданной ситуации, касается ли это какого-нибудь тонкого дефекта или крыши цеха, обрушившейся им на голову.

Однако роботы не будут столь ограниченны, когда в промышленности появятся их новые образцы, наделенные способностью "чувствовать". Это и будут роботы второго поколения.

Зная о несовершенстве роботов первого поколения, мы порой утешаем себя популярной пословицей "нет худа без добра". Примитивные роботы дисциплинируют производство, заставляют

обеспечить ритмичную доставку деталей, их строгую ориентацию в пространстве с помощью специальной тары, накопителей, стеллажей, транспортных средств. Но не стоит особенно обольщаться по этому поводу. Реорганизация производственной среды может оказаться более дорогостоящей, да и большая жесткость требований к конструкции робота порождает большую цену. Скажем, для того чтобы рука робота "могла" идеально точно встретиться с движущейся по транспортеру деталью, приходится особенно тщательно "выбирать" зазоры в сочленениях, ликвидировать люфты, снижать скорость движения для уменьшения моментов инерции, повышать строгость управления, учитывая упругость звеньев.

Снижающая точность деформация механических систем промышленного робота происходит практически постоянно под действием собственной массы руки, массы перемещаемого груза и инерционных нагрузок, возникающих во время движения. Несущие звенья руки робота даже при идеально точной остановке привода изза деформации механической системы подвергаются интенсивным силовым инерционным нагрузкам. Деформация от инерционных нагрузок приводит к возникновению затухающих механических колебаний, которые снижают точность и увеличивают время самого позиционирования. Эта деформация особенно сильна в точках изменения ускорения движения по величине или направлению: в начале разгона руки и в конце разгона, в начале торможения и в конце торможения. Как говорят специалисты, деформация возникает под действием собственного кинематического возбуждения робота.

Для уменьшения вредных последствий этого явления приходится принимать соответствующие меры: уменьшать массу, длину руки, добавлять ребра жесткости, как бы дополнительные "косточки скелета", ставить упорные подшипники с ограничителями и т. п.

Необходимо учитывать также температурные деформации.

Таким образом, точность позиционирования в один миллиметр, достигаемая у современных роботов с позиционной системой управления и длиной руки 1,5-2 метра (типа "Юнимейт"), является, по-видимому, максимально возможной. Тем не менее такая точность позиционирования в некоторых случаях может оказаться недостаточной. Так вот "чувства" позволяют по-новому решить такие задачи, используя иной принцип управления. И, что самое важное, такие адаптивные роботы могут оказаться при той же точности не дороже роботов первого поколения, поскольку задача точного измерения и отработки многих координат "вслепую" требует применения

прецизионных датчиков положения со сложной измерительной системой, что само по себе довольно сложно и дорого.

Известное достоинство и вместе с тем существенный недостаток роботов первого поколения - это удивительное постоянство, однообразие их движений, которое породило метафору "двигающийся как робот". Однако они отлично работают в постоянных, неизменных условиях. Но окружающая среда, в том числе и производственная, весьма динамична. И это, пожалуй, единственное ее постоянное качество.

Если в процессе производства происходит любое, самое минимальное отклонение от заранее заданных условий (упало напряжение в электросети или упала деталь с конвейера), робот первого поколения оказывается беспомощным перед этим технологическим пустяком. В лучшем случае он остановится, разинув схват, как зевака рот. В худшем случае будет продолжать работать, тыкая своей пустой рукой в воздух и не замечая, что усилия его бесполезны. Он не может адаптироваться к изменению окружающей обстановки. Для успеха совместной работы окружающая обстановка вынуждена сама адаптироваться к роботу. Но тогда непонятно, кто кому служит. Робот производству или производство роботу?

Может быть, это является причиной того парадоксального положения, при котором роботизированные комплексы, в которые вложены крупные государственные средства, оказываются "безработными" в силу малой надежности и слабой защиты от помех?

Таким образом, появление более совершенных роботов второго поколения не просто процесс естественной смены поколений, как поколений ЭВМ. Эволюция роботов - это насущное требование жизни, это, если хотите, условие их "выживания" в динамично усложняющейся производственной среде. Робот второго поколения, как говорится, "и жить торопится и чувствовать спешит".

Многие из возникающих в робототехнике проблем решаются проще, коль скоро мы снабдим нашего механического слепого если не полноценным зрением, то, по крайней мере, посохом, которым он может ощупывать дорогу.

Итак, речь идет о повышении уровня интеллекта роботов, ибо "разумность" семейства их первого поколения оставляет желать лучшего. В сущности говоря, их интеллект не выше, чем у примитивного насекомого.

Представьте себе, что на линии сборки автомобилей случается какой-нибудь перекос. Роботы этой ошибки не замечают. Их настроили на то, чтобы сверлить отверстия в

дверце, а они сверлят теперь их в баке для горючего. То, что изделие установлено неправильно, их совершенно "не волнует". Кроме того, если в их электронной схеме произойдет сбой, автомат в "слепой ярости" начнет колотить своей мощной стальной лапой по чему попало. И здесь возникают уже совсем другие проблемы. Заменять человека на вредных и опасных работах - это одно, а самому быть источником опасности для человека - совсем иное.

Как же обуздать вышедшего из подчинения "железного раба"? Как обеспечить стопроцентную безопасность рабочего в роботизированном цехе? Самый совершенный помощник не заслужил права быть источником травматизма. И хотя, конечно, робот работает автоматически, однако цеха не достигли еще такого технологического уровня, чтобы работа происходила совсем без наблюдения человека. В случае конфликтной ситуации любой механизм может "забарахлить", и тогда в зоне действия его руки должен оказаться рабочий-ремонтник.

Что произойдет тогда?

Манипулятор обязан остановиться сам, автоматически... Столкновение робота с человеком может оказаться для последнего трагическим. Недаром Япония, страна, занимающая первое место в мире по применению промышленных роботов, стала и первой страной, где промышленный робот убил человека. Погибшим стал 37-летний наладчик, который подошел к агрегату, чтобы проверить его работу, но был схвачен стальной рукой робота и сунут точно под резец. Владельцы завода и их эксперты обвинили в гибели самого рабочего, который должен был подходить к станку с определенной стороны, отключая робот.

Для обеспечения безопасности в роботизированном цехе используются различные конструктивные решения: подпружиненные трапы на полу в рабочей зоне робота или соединенные с блокирующими выключателями ограждения, при открывании которых подается команда "стоп", ограждение зоны световым лучом. Вот, например, комплекс на основе робота Ум-160. Спроектирован он в Институте металлорежущих станков, а изготовлен на заводе "Станкоконструкция" для московского электромеханического объединения "Динамо". Световые лучи делят рабочую зону комплекса на "секции".

Наладчик, подходя к станку, обязательно пересекает луч света, ограждающий одну из секций. Включается система защиты, и, если манипулятор находится в той же секции, он отключается; если он вне ее, то продолжает работу, но вход в защищаемую зону кому бы то ни было запрещен. Покинув световую ограду, наладчик дублирует пересечение луча специальной кнопкой,

сообщая о снятии "охраны".

Заметим, что робот, останавливающийся при появлении в рабочей зоне человека, - это уже не "слепец", но еще и не "зрячий". Простейшее очувствление зародилось еще в недрах первого поколения: робот останавливается, если в заданном месте, между пальцами схвата, не оказывается требуемой детали. Здесь все "богатство чувств" сводится к принципу "есть - нет".

Простейшая адаптация к обстановке обеспечивает роботу большие физические возможности. Так, манипулятор фирмы "То кё Кэйки" распознавал габариты и вес детали и по-разному осуществлял их подъем: легкие, до десяти килограммов, поднимал на вытянутой руке, а тяжелые, до сорока килограммов, - на втянутой руке. Алгоритм "адаптации" заключается в следующем: захват объекта, определение веса, движение при втянутой или вытянутой руке.

Кроме того, что робот, обладающий теми или иными чувствами, безопаснее, удобнее и точнее робота первого поколения, он обладает еще рядом специфических достоинств. Он может выполнять операции, которые и "не снились", если бы он мог видеть сны, роботу, лишенному чувств. Такие производственные обязанности, как операции с неориентированными изделиями переменной формы и размера или изделиями, движущимися по транспортеру, не могут быть выполнены без очувствления. Процедуры автоматической сборки также требуют, чтобы робот чувствовал усилия, с которыми вгоняется, например, болт в отверстие, иначе или отверстие, или болт может оказаться поврежденным; чтобы робот видел, куда нужно загнать щетку электромотора и почему она туда не входит. Казалось бы, проблема проста: создать аналог человеческого глаза - и порядок.

Но как раз этот-то "порядок" и недостижим на сегодняшний день. А если и достижим, то обходится он чрезвычайно дорого. Поэтому вместо полноценного оптического зрения роботы активно используют всяческие его "суррогаты", которые еще не слишком дороги, но уже достаточно эффективны.

Вот пример: нужно "выловить" одну деталь из целой кучи ей подобных. Тут, казалось бы, без зрения не обойтись, но вот как научили это делать робота в Институте проблем передачи информации АН СССР.

В ящик с заготовками рука робота погружала электромагнит. Датчик сигнализировал о контакте магнита с содержимым ящика, после чего в обмотку магнита подавался ток. Затем рука поднималась с целой "гроздью" притянутых деталей, система управления анализировала вес "грозди" и постепенно уменьшала

ток в обмотке. "Гроздь" рассыпалась, на магните держалась только одна деталь. Ток снова увеличивался, и рука переносила надежно "схваченный" предмет.

ШЕСТОЕ ЧУВСТВО

Всем известны слова "шестое чувство", часто характеризующие что-то вроде интуиции или предчувствия.

Употребляется это словосочетание в тексте примерно следующего содержания: "И тут какое-то шестое чувство подсказало мне (ему)..." дальше описывается,что подсказало чувство. Это выражение пошло от известного факта, что число чувств человека равно пяти: зрение, слух, осязание, обоняние, вкус. Однако человек чувствует, несомненно, больше: чувство равновесия, чувство времени, веса (правда, довольно грубые). Мы ощущаем тепло на расстоянии. Что это? Осязание? Вообще-то да, но тогда почему на расстоянии? Человек чувствует чужой взгляд, чувствует, как меняется давление, аллергик "чувствует" присутствие аллергена и т. п. Так что разнообразных "шестых" чувств предостаточно.

Однако человек имеет, прямо скажем, весьма ограниченный чувствительный аппарат. Окружающая нас живая природа может предоставить гораздо более широкий перечень разнообразнейших чувствительных элементов. Это системы акустического видения дельфинов, ультразвуковые локаторы летучей мыши, тепловое видение змей, умение некоторых животных ориентироваться в электростатических, электромагнитных, тепловых, ультрафиолетовых и других полях. Например, у собак почти фантастический нюх, крысы слышат ультразвук, змеи чувствительны к вибрации и т. п.

Как научить робота хотя бы малой толике этого богатства? Не будем отчаиваться, современные очувствленные роботы обладают не меньшей гаммой чувствительных элементов, не все из них позаимствованы у природы, есть и собственные "патенты" человека.

Чувствительные элементы роботов называются датчиками. Датчики промышленных роботов можно разделить на два больших класса: внутренние и внешние.

Первые предназначены для контроля за функционированием самих роботов. Они устанавливаются в приводах исполнительных механизмов. Вторые предназначены для контроля за состоянием тех объектов, с которыми работают промышленные роботы. С помощью этих датчиков определяется положение, форма и другие характеристики детали, заготовки, готового узла.

Датчики внутренней информации - своеобразный самоконтроль робота, предназначенный для определения

положений, углов поворота, скоростей и моментов руки, кисти, плеча и других механизмов. Человек тоже обладает подобной чувствительностью. Закрыв глаза, на основании одних только мышечных ощущений мы можем не только принять любую позу или сделать нужный жест, но и совершить более сложные манипуляции, например переставить телефон с тумбочки на стол.

Если управление роботом осуществляется на основе предельных выключателей по принципу "включено - выключено", то сами выключатели и являются такими внутренними датчиками: довел робот руку до положения, в котором выключатель сработал, значит, нужная фаза движения реализована. В более сложных случаях здесь используются сервомеханизмы с обратной связью: потенциометры, сельсины, резольверы, аналогоцифровые преобразователи и т. п.

Датчики положения руки робота в большинстве случаев устроены так, что преобразуют разнообразные перемещения в электрические импульсы. Эти-то "нервные" импульсы и делают робота "чувственным". Датчиков у робота целая куча: электромагнитные, емкостные, индуктивные, резистивные (на сопротивлениях), фотоэлектрические. Работа, например, потенциометра основана на изменении сопротивления проволоки или пленки при изменении угла поворота. Надежность потенциометра из-за наличия контакта, как правило, невысокая: максимальный срок службы около двух миллионов оборотов. В конструкции сельсина используется принцип работы трансформатора. Первичная обмотка питается однофазным напряжением. Напряжение, индуцированное во вторичной обмотке, определяется углом поворота.

Сельсин как бесконтактное устройство, основанное на принципе электромагнитной индукции, обладает высокой надежностью, помехоустойчивостью, однако точность сельсинов ограничена значением в полградуса.

Резольверы были разработаны позднее сельсинов и основаны на тех же принципах. Однако на статоре и роторе резольвера располагаются по две обмотки, сдвинутые на 90 градусов друг относительно друга. Отсюда и точность у резольверов больше, чем у сельсинов. Индуктивные датчики устроены так же, как и сельсины, только здесь в электрическое напряжение преобразуется линейное напряжение вторичной обмотки относительно первичной. Точность такого датчика порядка одного миллиметра.

Аналогоцифровые преобразователи представлены генератором импульсов. В фотоэлектрических генераторах на дисках, соединенных с осью вращения, имеются прозрачные и

непрозрачные участки. В качестве источников света используются лампы или другие элементы, а в качестве регистрирующих элементов - фототранзисторы, гелиевые элементы и другие устройства. Имеются генераторы, основанные на принципе информации с разрешающей способностью до нескольких тысяч импульсов на один оборот. Существует много датчиков счеточного типа, где значениям 1 и 0 соответствуют проводящие и изолированные участки кодовых пластин.

Наличие контакта обусловливает определенное ограничение долговечности.

Существует и масса других датчиков. Например, датчики, интегрирующие скорость, подобно электродвигателям, магнитные счетчики и т. п. Большинство из этих датчиков самоконтроля роботов зародилось еще в недрах первого поколения, это благодаря им удается повысить точность позиционирования и обеспечить "деликатное" обращение с хрупкими, сыпучими и "текучими" грузами.

Разумеется, при переходе ко второму поколению эти внутренние "чувства" робота расцвели пышно и многообразно, однако главное внимание чувствительного аппарата второго поколения роботов направлено вовне, туда, где кипит производственная жизнь.

Среди наиболее простых и наиболее распространенных датчиков внешней информации можно отметить так называемые "контактные" датчики - осязание промышленного робота. На концах схвата - руки робота устанавливаются специальные выключатели, которые фиксируют факт прикосновения к детали или станку и посылают импульс в "мозг" робота. Десяток таких выключателей, расположенных не только внутри пальцев схвата, но и на наружной его поверхности (сверху, снизу, справа и слева), помогают роботу "на ощупь" определить положение детали или возникшего препятствия.

"Я дотронулся правым датчиком до заготовки, значит, она справа, "соображает" робот, - передвину-ка я руку поправее, теперь дотронулся левым, значит, многовато, примерно половину пути назад будет в самый раз" - так "рассуждает" робот, на ощупь ориентируясь в рабочей зоне.

Однако человек, манипулируя с предметом, фиксирует не только факт соприкосновения, но и ощущает давление руки на предмет через кожу и таким образом может регулировать усилие сжатия соответственно весу и прочности предмета (вспомним бумажный стаканчик). Такой датчик представляет собой, например, слой электропроводящего вспененного полиуретана, заключенного между тонкими металлическими пластинами. В

зависимости от давления расстояние между пластинами меняется и соответственно изменяется электрическое сопротивление цепи. Эти свойства искусственной чувствительной кожи уже используются в области протезирования. Механизм управления силой сжатия руки с обратной связью по давлению предотвращает повреждение предмета и самой искусственной руки.

Среди датчиков особенно удобны бесконтактные: оптические, электромагнитные, ультразвуковые, струйные, так как из-за отсутствия непосредственного соприкосновения не приходится бояться ударов об объект или плохого контакта, кроме того, они "чувствуют" предмет заранее, и в этом их основное преимущество. Они фиксируют объект до непосредственного соприкосновения - и это уже "замашки" своеобразного зрения роботов.

Электромагнитные контактные датчики работают на расстоянии от нескольких миллиметров до нескольких сантиметров. В них используется эффект изменения сопротивления магнитной цепи или изменения импеданса катушки при прохождении магнитного или электрического поля через объект. Они обладают высокой точностью и надежностью, однако взаимодействуют, естественно, лишь с металлическими предметами.

Куда более похожи на зрение оптические датчики.

Если в качестве источников света использовать лампы, светодиоды, а в качестве светоприемников - фотоэлементы, фотодиоды, фототранзисторы, то для обнаружения детали и определения ее положения можно использовать пересечение объектом светового потока или световой импульс, отраженный от предмета. Этот несложный "глаз" состоит из двух линзочек, за которыми прячутся светодиод и фотодиод. Обе линзы сфокусированы на одну точку, расположенную в нескольких десятках миллиметров. Фотодиод не уловит сигнала светодиода, пока в этой точке не окажется какой-нибудь поверхности. Чтобы датчик не реагировал на внешнюю засветку, светодиод излучает свет с определенной частотой, на которую настроен и фотодиод.

Ультразвуковые датчики представляют собой систему, состоящую из передатчика и приемника сигналов.

С помощью отраженного звукового сигнала можно обнаруживать объекты и измерять расстояние до них.

Ультразвуковые датчики имеют по сравнению с оптическими следующие преимущества: они могут обнаруживать прозрачные объекты, в том числе и неметаллические; срок службы генератора колебаний практически не ограничен; их показания не зависят от освещения; их можно использовать на открытом воздухе и при

наличии помех: на них не оказывают значительного влияния пыль, пар и другие факторы среды; измерения с ними можно проводить под водой и т. д.

Принцип действия датчика заключается в акустической локации пространства вблизи захвата. Посланные датчиком ультразвуковые импульсы отражаются от ближайшего предмета, и измерение времени между посылкой импульса и приходом отраженного сигнала позволяет со сравнительно большой точностью судить о расстоянии от предмета до захвата. Особенностью такого устройства является применение в качестве излучателя п приемника одного и того же обратимого преобразователя, разработанного специально для этих целей и представляющего собой разновидность конденсаторного микрофона.

Ультразвуковые датчики, помимо измерения расстояния, позволяют решать и более хитрые задачи, например, точного наведения оси схвата на предмет. Если на каждом пальце схвата поместить по одинаковому датчику, то они образуют уже два глаза - "симметричную стереопару", и при равенстве расстояний обоих датчиков до детали происходит совмещение оси схвата с осью предмета. Это полезное свойство применимо, однако, лишь для предметов правильной формы.

К сожалению, ультразвуковые датчики обладают ограниченной способностью для обнаружения микроскопически малых тел, что связано с относительно большой длиной ультразвуковых волн.

Существует подход, при котором воздушную струю можно использовать подобно пучр:у света. Этот датчик можно применять как своеобразный бесконтактный выключатель. Таким образом, можно измерять расстояние, превышающее диаметр сопла примерно в пятьдесят раз.

При измерении расстояния до движущихся объектов получаются несколько завышенные значения вследствие завихрений воздуха вокруг самих объектов. Чувствительность струйных датчиков может быть даже выше, чем оптических.

Тактильные, оптические, ультразвуковые, струйные- это лишь малая толика используемых датчиков робота. Так же, как схваты, чувства робота ориентированы на тип производимой работы. Кое-где достаточно осязания, в другом процессе не обойтись без примитивного зрения, в третьем - нужны "нежные струи" воздушных датчиков. Иногда необходим и инфракрасный локатор, весьма перспективно и лазерное "зрение". Если писать обо всем подробно, то каждое из перспективных направлений очувствления заслужило бы по отдельной книжке. Нам же не

терпится посмотреть на очувствленного робота.

В особом конструкторском бюро технической кибернетики Ленинградского политехнического института имени М. И. Калинина проводят экспериментальную проверку возможностей промышленных роботов, оснащенных целой гаммой чувствительных датчиков.

Захват одного из роботов представляет собой лапу с двумя пальцами, на внешней поверхности которых расположено целое поле тактильных датчиков, представляющих собой подпружиненные металлические пластины. Набор датчиков выполнен в виде "рыбьей чешуи", что позволяет покрыть всю поверхность пальца, практически без нечувствительных зон. На каждом пальце размещено по 12 таких датчиков, так что прикосновение к любому участку поверхности пальца приводит к замыканию соответствующего контакта, связанного с подвижной пластиной датчика, и информация о месте прикосновения передается в систему управления роботом.

Кроме контактных тактильных датчиков осязания, на пальцах захвата размещены двенадцать светолокационных датчиков, которые сигнализируют о приближении захвата к предмету на расстоянии двух-трех сантиметров. Они расположены на концах пальцев, на боковой и торцевой поверхностях.

Так как работа светолокационного датчика основана на обнаружении светового потока, отраженного от предмета, то для исключения влияния внешнего освещения на работу датчика используется специальным образом модулированный по интенсивности световой поток.

В процессе работы робота возникает необходимость получать сведения не только о приближении или прикосновении к предмету, но и о наличии предмета внутри захвата между пальцами. Для этого на внутренней поверхности пальцев размещены еще четыре фотодатчика, работающих не на отраженном свете, а на прямом просвечивании межпальцевого пространства. Они позволяют контролировать наличие предмета между губками, а также ориентировочно судить о положении предмета по количеству перекрываемых лучей. Столь мощное очувствление дает роботу второго поколения невиданные доселе возможности поиска предметов, нежного обращения с деталями, сборки разнообразных и непростых конструкций. Для примера перечислим операции, выполняемые двуруким роботом второго поколения с тактильным очувствлением, который был разработан с целью исследования методов координированного управления двумя руками при их совместной работе. Робот выполняет следующие операции:

- перемещение предметов, которые нельзя взять одной рукой, обеими руками с переворотом в процессе перемещения;

- перенос трех деталей прямоугольной формы, при этом средняя удерживается благодаря силе сжатия со стороны боковых;

- сверление ручным коловоротом; одна рука нажимает коловорот, а вторая вращает его;

- вычерчивание линий по лекалу, удерживаемому другой рукой;

- свинчивание болта и гайки; одна рука держит гайку, а другая головку болта и вращает ее, перехватывая;

- сборка узла из двух деталей, соединяемых болтом и гайкой, и др.

Все эти процессы обеспечиваются тонкой координацией действий обеих рук робота по сигналам тактильных датчиков. При этом в процессе выполнения одна рука выполняет роль ведущей, а вторая отслеживает ее положение.

Этот метод управления, названный авторами методом вертуального эталона, как раз и исследовался на разработанном роботе.

КАК МЫ ВИДИМ ТО, ЧТО МЫ ВИДИМ

Органом зрения мы издавна привыкли считать глаз.

Однако, чтобы установить истину, нам придется отказаться от этого заблуждения. Человек видит отнюдь не глазами. А чем же, спросит недоуменный читатель, датчиками, что ли? Нет, человек видит мозгом! Действительно, глаз участвует в процессе видения, однако распознавание зрительных картин настолько тонкий и интеллектуальный процесс, что сказать "мы видим глазами" так же наивно, как "мы говорим языком".

Посмотрите вокруг. Мы видим разноцветные пятна на пестром фоне, и только мозг сообщает нам, что это деревья, дома и осенняя листва на мостовой.

Чтобы научиться видеть, человек затрачивает несколько лет жизни. Рассмотреть фотографию не так-то просто, нужно научиться воспринимать цветное объемное изображение в виде плоскостного предмета, заполненного серо-белыми пятнышками. Индейцу одного из американских племен показали фотографию животного, которое он встречал каждый день, - лошади. Он увидел в изображении нечто таинственное и бесконечно далекое от данного животного.

"Из всех органов чувств, связывающих наше сознание с внешним миром, зрение является важнейшим, ибо оно дает 80-90 процентов информации об окружающей нас действительности, - говорит заведующая кафедрой глазных болезней Новосибирского медицинского института, доцент Н. Орлова. - Где бы мы ни были -

у себя дома, на улице, на рабочем месте, на отдыхе, - весь период бодрствования человек совершает колоссальную зрительную работу. Он рассматривает форму и детали предмета - это центральное зрение; ориентируется в пространстве - это периферическое зрение; воспринимает различную освещенность - светоощущение; распознает спектральный состав света, что создает впечатление многоцветности мира; фокусирует рассматриваемый объект; определяет расстояние до предметов и между ними, что дает впечатление глубины, стереоскопичности. И все это одномоментно и связно - воистину неоценимая деятельность. Глаза приспособлены к видению даже при ничтожно слабом свете - ночью. Кроме того, глаз, как и сердце, успевает отдохнуть в процессе работы, во время коротких миганий".

Как научить робота "видеть"? У нас нет нужды приделывать ему "голову с глазами". Глаз мы можем поместить, например, на потолке, а затем сообщать роботу название и форму детали, и он будет собирать их.

В другом варианте мы могли бы поместить глаз робота ему на "ладонь".

Допустим, что при сварке различных конструкций робог должен помещать их металлические части в разные положения. Если его "глаз" расположен на "ладони", автомат сам сможет "видеть", где именно и как должна происходить сварка. Есть проект робота - упаковщика шоколада. Сейчас на обычной шоколадной фабрике работницы сидят за столом, а перед ними движется поток пустых коробок. Шоколадки подаются конвейерной линией. Работницы укладывают их в коробки по две штуки в секунду. Планируется установить у линии два небольших манипулятора и телекамеру. Камера будет сообщать манипуляторам, что делать их "пальцам" для укладки шоколадок. В данном случае у манипуляторов есть некое зачаточное "зрение". Но это крайне упрощенный случай - темные шоколадки на светлом фоне. Если сказать такому роботу: "Прошу тебя пойти и собрать букет белых лилий", для него невозможно было бы выполнить столь сложный приказ.

До настоящего времени оснащение зрением какоголибо устройства из металла требовало талантов поистине нечеловеческих. Однако усовершенствование технологии компьютеров радикальным образом изменило ситуацию. Разработка видеосистем для роботов началась с создания телекамер. Изображение объекта превращается в тысячи точек, из которых состоит телевизионное изображение. Эти черные и белые точки вводятся в ЭВМ, управляющую роботом, в виде цифровой

информации в двоичном коде (0,1). Черную точку отображает единица, белую - ноль. Изображение предмета преобразуется в электронной памяти компьютера в серию нолей и единиц. Теперь робот может "увидеть" предмет, то есть сравнить его цифровую кодограмму с набором цифр, хранящихся в памяти, и "узнать" его, то есть определить, к классу каких объектов он относится.

Там, где нули переходят в единицы, компьютер отмечает силуэт объекта и его ориентацию. После этого он немедленно вычисляет многие из его характеристик, например площадь, периметр, диаметр и т. д., и сравнивает их с характеристиками объекта, хранящимися в его памяти. Когда ЭВМ отыщет в своей памяти подобный набор цифр, робот узнает, что же он видит перед собой.

Сказав на электронном языке "агаЬ, он даст команду своим "пальцам" сделать с предметом то, что нужно, например схватить за край, поднять и перевернуть.

Поскольку робот не может различать многочисленные оттенки серого цвета, необходимо высококонтрастное освещение, а как его осуществить для изделий, движущихся на сборочном конвейере?

Сейчас разрабатываются более совершенные системы, которые будут различать много оттенков яркости.

Создаются приборы, способные формировать изображение с помощью так называемой "серой шкалы", где яркость может быть выражена в диапазоне величин от О до 15 или даже от 0 до 255. С такими "способностями" компьютер сможет различить малейшие изменения яркости и обеспечить точное опознавание объектов. Однако системы с "серой шкалой" столь сложны, что время распознавания даже для мощной ЭВМ оказывается очень большим. Если имеется сотня уровней "серости" в широком поле зрения, то для распознавания образца компьютер должен выполнить огромное количество вычислений, и чем беспорядочней и хаотичней "сцена",тем сложнее задача ЭВМ. Таким образом, будущее систем со "прением" зависит как от продолжающегося прогресса в компьютерной технике, так и от создания лучших устройств распознавания.

Однако, чтобы быть таким же эффективным, как человеческий глаз, "глаз" робота должен опираться па соответствующий интеллект компьютера, который работает в миллион раз быстрее, чем любой из современных.

И хотя некоторым ученым это не кажется фантастнчным, особенно учитывая головокружительный прогресс микроэлектроники, даже современное состояние вычислительной техники позволяет делать весьма оптимистические прогнозы. В

конце концов робот может "видеть" гораздо лучше человека и сегодня, ведь человеческому глазу доступна для восприятия лишь оптическая часть спектра электромагнитных волн. А соответствующее электронное устройство свободно от биологических ограничений, его можно сделать чувствительным к инфракрасным и ультрафиолетовым лучам. К электронному глазу можно подключить радар или сонар, он сможет видеть в темноте и при сверхъярком свете в печи телескопически или микроскопически, фиксировать процессы, проистекающие или очень быстро, или чересчур медленно. Тогда станет возможным то, что "и не снилось" зрению человека, например спектрографический анализ вещества объекта путем простого "осматривания".

На очувствленном роботе Токийского университета проводятся эксперименты с движущимися предметами.

Робот оснащен подсистемой "визуального очувствления", или, попросту говоря, зрения на телекамере. Это позволяет ему весьма точно определять координаты предмета. Управляющее устройство -на базе микрокомпьютера осуществляет пересчет из системы координат рабочей зоны в систему координат манипулятора и вырабатывает управляющее воздействие на приводы манипулятора. Управление осуществляется в так называемом реальном времени.

Вот по рабочему полю катится шарик. Робот сможет захватить его и аккуратно опустить в движущийся по транспортеру стаканчик. Для облегчения визуального контроля все предметы, за которыми наблюдает глаз робота: шарик, стаканчик, схват робота, - окрашены контрастной ярко-белой по отношению к серому фону краской. А вот другой эксперимент, в котором робот ловко бросает шары в специальную коробку, расположенную в полутора метрах. Под конец робот выполняет ряд явно рекламных манипуляций: зажигает спичку и даже играет на ксилофоне.

СЕМЬ РАЗ ОТМЕРЬ

Роботы второго поколения, оснащенные мощными "чувствами", открыли совершенно новую область применения роботов - контроль. Робот-контролер с успехом заменяет человека на столь трудоемкой и нудной операции. Появились даже специальные профессионально ориентированные роботы, так называемые измерительные центры. Кисть руки такого робота оснащена системой щупов, тоненьких чувствительных пальчиков, которые, перемещаясь по измеряемой поверхности, могут передавать в мозг робота сверхточную информацию по всем размерам и параметрам ощупываемой кривой. Способ замера без

остановки щупа - измерения "в полете" - позволяет быстро и точно контролировать форму и размеры любой замысловатой конфигурации.

Такой робот представляет собой, как правило, массивное основание, исключающее вибрацию и другие помехи, влияющие на точность измерения и величественную портальную конструкцию, обеспечивающую идеальный доступ ко всем точкам детали.

К измерительной головке может подсоединяться до пяти наконечников-щупов, выставленных в разных направлениях.

Результаты измерений вводятся в ЭВМ, обрабатываются и представляются пользователю на экране дисплея. Кроме того, широкая гамма специальных программ позволяет использовать этот робот с большой универсальностью. Здесь и программы специальных геометрических расчетов, программы расчета допусков и припусков, программы автоматического программирования под данную деталь станков с ЧПУ и др.

Главное роботическое свойство этого измерительного центра - это гибкость. Его можно запрограммировать на деталь любой формы и размера, задать требуемую точность и допустимую скорость измерения, научить сообщать о всех отклонениях в измеряемой детали и даже управлять станками с ЧПУ по корректировке положения режущих инструментов. Использование такого робота на выборочном контроле формы автомобильных кузовов позволило сократить эту операцию с нескольких дней до нескольких часов. Однако, естественно, одним ощупыванием дело контроля не исчерпывается. Вот еще два примера.

На одном автозаводе создана система с применением робота, который как бы "вынюхивает" отверстия в кузове нового автомобиля. Рабочие вводят в машину под давлением небольшое количество гелия, а переносимые роботом по определенным траекториям датчики улавливают любую утечку газа, которая может произойти оттого, что плохо сварены швы или неплотно прилегают двери и окна. Это самый совершенный тест, которого можно добиться в условиях современной технологии, да и той, которая появится в ближайшем будущем. Чтобы обеспечить такую четкую работу, раньше конвейер должен был всегда останавливаться перед роботом, а кузов находиться в определенном положении.

На заводе эту проблему решили по-новому, следующим образом: один из старых конвейеров был модернизирован так, что специальные устройства фиксируют автомобили с точностью до 1,5 миллиметра. В результате такого преобразования роботы впервые используются на постоянно двигающемся конвейере, при

этом роботов "заставляют" работать с большой точностью.

К профессиям промышленных очувствленных роботов недавно добавилась еще одна - дегустатор питьевой воды. В Берлине сейчас установлены шесть таких роботов, которые через определенные промежутки времени берут из водопроводной сети пробы воды и в считанные секунды проводят ее анализ. Данные анализа тут же сообщаются на центральный диспетчерский пункт водного хозяйства столицы ГДР.

Как мы уже говорили, роботы первого поколения не умеют "брать" заготовки, лежащие в беспорядке, "навалом", специальная же укладка деталей в определенном порядке - операция ручная, она снижает общий уровень производительности труда. Кроме того, в используемой для этого специальной таре с ячейками детали, как правило, должны укладываться в один слой, а это требует увеличения тары и объемов складов.

Вот если бы можно было поставить перед роботом ту же тару, которой пользуются на заводе! Для этого, однако, надо решить довольно сложную задачу распознавания образов - "узнавания" - и последующего ориентирования деталей. Экспериментальные "умные" роботы справляются с этой работой хорошо, однако до "прописки" в цехе им еще далеко. Производственную деталь вообще распознать трудно: она может быть покрыта грязью и окалиной, по-разному освещаться, неожиданно бликовать. Правда, производство - это не совсем неупорядоченная система. Во-первых, здесь оперируют деталями, часто имеющими достаточно правильную форму, во-вторых, мы вправе потребовать введения некоторых элементов порядка, которые хотя и будут носить частный характер, однако могут привести к резкому упрощению задачи.

"Иногда кибернетики, занимающиеся проблемами "очувствления" роботов, не чувствуют особенностей производства и работают над отвлеченными проблемами, интересными с точки зрения математики, но далекими от практики. Например, сортировка деталей различной формы или размеров, уложенных в один ящик.

Но ведь такой ситуации производственники всячески избегают. Зачем смешивать то, что потом придется сортировать? Задача "узнавания" детали тоже не слишком актуальна. На производстве всегда можно ввести в систему управления робота полные сведения о геометрии деталей, которые ему поданы, ведь и рабочему вместе с заготовками дается чертеж. Правда, есть разновидность этих задач, имеющая практический смысл, - определение положения известной детали", - говорит ведущий конструктор ЭНИМС С. Житомирский.

Если форма детали известна заранее, то ее положение можно проанализировать, употребив некоторые искусственные приемы, которые позволяют обходиться более простыми алгоритмами.

Вот, например, как подошли к решению такой задачи специалисты французской фирмы "Акма": для экспериментов были выбраны заготовки деталей подвески автомобиля - отливки сложной формы. Опыты показали, что на плоскости любая такая деталь может лежать только пятью разными способами, причем каждое положение, будучи отображенным на телеэкране, занимает разную площадь. Таким образом, получив изображение тела, по размеру его площади ЭВМ сразу "узнавала" расположение детали. Дополнительные расчеты давали достаточную информацию для того, чтобы робот мог захватить и сориентировать деталь.

Да, робот второго поколения обладает несомненно более сильным интеллектом. В чем же он проявляется?

Во-первых, в том, что робот выполняет функции, заложенные в нем при "рождении", в очень широком диапазоне условий, не снижая точности и качества работы.

Во-вторых, он всегда, при всех условиях действует в наиболее выгодных оптимальных режимах.

Рассмотрим пример из области сварки. Рабочий сваривает любые изделия из материала различной толщины, изменяя режим сварки и выбирая электроды на глазок. Опытный сварщик делает это мастерски, хотя и медленно; менее опытный может ошибаться, следствием чего явится брак. Робот первого поколения, действующий по "жесткой" программе, производит сварку намного быстрее человека, но он не меняет режимов работы.

Если толщина пришедшей к нему детали немного изменилась, он, не обладая соответствующими чувствительными элементами, просто "не знает" этого. Следовательно, быстрота операций возрастает, но с качеством дело обстоит хуже: если допуск на поступающие изделия очень широк, то доля брака может даже увеличиться.

Робот-сварщик второго поколения с помощью специальных устройств "осматривает" деталь, оценивает изменения ее внешних параметров, затем автоматически настраивается на такой режим работы, который обеспечивает наивысшее качество сварки.

Другой робот, имеющий специальность контролера, проверяет работу "сварщика". От такого объединения роботов в комплексе получается значительный выигрыш.

"Узкие места" технологического процесса довольно часто проявляются при воздействии сильных помех. Например, при

изменении напряжения в сети может резко ухудшиться качество - в результате появится брак. Роботы второго поколения должны "парировать" подобные помехи. Но для этого они должны быть снабжены датчиками, сигнализирующими о тех или иных отклонениях, и логическими устройствами, обрабатывающими полученную информацию и изменяющими режим работы.

Есть еще один источник брака и даже остановки технологического процесса - отказы в системах. Сложная система, в которой произошел отказ, может взбунтоваться, стать опасной, угрожать аварией или даже катастрофой, как в известной ситуации, описанной К. Чапеком.

Снизить опасность отказов позволяет дублирование: параллельное подключение резервных систем, переключение на которые осуществляют специальные логические устройства, обнаруживающие отказы. Впрочем, эти устройства также надо защищать от отказов...

В ОКБ технической кибернетики Ленинградского политехнического института с 1968 года ведутся работы по созданию и исследованию процессов управления очувствленными роботами. Для изучения процесса роботизированной сборки используется образец робота со схватом, оснащенным ультразвуковыми датчиками. Это упрощенное ультразвуковое "зрение" позволяет роботу увидеть детали на рабочем столе, автоматически навести схват на деталь, центрировать схват относительно детали для ее точного взятия, определить тип детали по ее характеристическому размеру, правильно ориентировать схват относительно поверхности сборочного стола и базовой оси сборки.

Вот в процессе работы робот обнаружил очередную группу деталей на рабочем столе. Он ловко берет ближайшую из них, "узнает" ее тип по размеру сомкнутого схвата, устанавливает деталь на собираемый узел или откладывает в промежуточный накопитель, чтобы сразу же взять ее, когда она потребуется по программе сборки. Необходимая для работы информация: последовательность сборки, эталоны размеров детали, координаты "жестких" точек рабочей зоны задаются и фиксируются с помощью потенциометров. Образец этого робота предназначен для исследования процессов функционирования простых, легко перепрограммируемых сборочных автоматов.

Популярность электронно-механических роботов второго поколения растет с каждым годом. Чтобы быстрее приспосабливать их к разным операциям, их собирают из стандартных модулей, снабжая широким набором универсальных приспособлений. Оригинальную конструкцию для

радиоэлектронной промышленности предложили инженеры фирмы "Сормель" (Франция). Восемь встроенных головок различного назначения, подключение и взаимодействие которых определяется заложенной в компьютер программой, позволяют собирать изделия из деталей, размер которых измеряется миллиметрами, а вес - долями грамма.

Роботы второго поколения, оснащенные столь мощным набором сенсорных датчиков и соответствующим компьютером, значительно превосходят по своим возможностям роботов первого поколения: они могут работать с неориентированными деталями произвольной формы, осуществлять сборочные и монтажные операции, собирать информацию о неизвестной и меняющейся среде. Однако, несмотря на это, они, вообще говоря, не должны заменить роботов первого поколения во всех сферах их приложения. Оба поколения роботов взаимно дополняют друг друга, выполняют действия различной сложности при различной степени информированности о внешней среде. Их совокупность представляет собой весьма гибкую систему, позволяющую автоматизировать подавляющее большинство ручных операций в сфере производства.

ОБРАТНАЯ СВЯЗЬ - ПОСОХ СЛЕПОГО

Прикоснувшись к горячему предмету, мы автоматически отдергиваем руку. Действительно ли ее отдергиваем мы? Точнее было бы сказать, что рука отдергивается сама, не дожидаясь нашей команды, "автоматически". Этот простой пример показывает и объясняет тот факт, что большинство "очувствленных" задач может быть решено при весьма скромном интеллекте. Вместе с тем гамма роботов второго поколения весьма расплывчата: с одной стороны - это любой манипулятор, имеющий мало-мальски простой датчик и использующий его в процессе функционирования для адаптации к изменяющейся обстановке; с другой стороны, сама адаптация - это настолько разветвленный и сложный процесс, что границы адаптивной способности у робота просто нет, своей адаптационной осью робот второго поколения заходит уже в сферу жизни третьего. Но здесь мы будем все еще говорить о втором поколении роботов, а именно о принципах их управления.

Управление очувствленным роботом базируется на идее обратной связи. Это фундаментальнейшая идея кибернетики. Управление роботом первого поколения можно охарактеризовать как прямую связь: робот воздействует на объект манипулирования. Благодаря наличию чувств роботу второго поколения доступна и обратная связь: объект манипулирования "воздействует" на робота. Закон управления очувствленным

роботом является функцией текущего состояния робота и состояния внешней среды. Для решения задачи управления очувствленным роботом уже невозможно ограничиться только запоминающим и программирующим устройством, как в роботах первого поколения. Система управления очувствленного робота должна решать новый класс задач: обработку и анализ информации, поступающей от искусственных органов чувств, и управление исполнительными приводами с учетом этой информации, использованием принципов обратной связи. Описанная схема управления с обратной связью напоминает открытую И. Павловым схему формирования условных рефлексов у животных. Такое единство живого и неживого организмов - одна из фундаментальных аксиом кибернетики. Часть сенсорных сигналов о внешней среде, поступающих через органы чувств в "мозг" робота, можно считать аналогичными безусловным раздражителям по терминологии И. Павлова. Это, например, сигналы о наличии детали, с которой должен "общаться" робот.

Другая часть сигналов - "условные раздражители", например определенные звуковые, зрительные или другие информационные сигналы.

В результате обучения робота (а заметим, что очувствленный робот рождается не со знанием, а лишь со способностью учиться, опираясь на свои органы чувств) определенному сочетанию безусловных и условных раздражителей ставится в соответствие некоторая реакция.

Таким образом складываются внутренние рефлекторные связи "ситуации реакции". Они играют роль, именно играют роль, а не являются на самом деле, представлений робота о внешнем мире и о своих собственных возможностях взаимодействия с ним.

Обучение робота, то есть формирование совокупности связей "ситуации реакции", производится человеком. Под текущей ситуацией понимается значение совокупности сигналов, сформированных сенсорной системой. Класс ситуаций характеризуется тем свойством, что любая ситуация из одного и того же класса обусловливает одну и ту же реакцию (из класса необходимых реакций). Такая правильно выбранная реакция называется адекватной данной ситуации. Структура и функционирование системы управления очувствленным роботом имеет три эшелона.

Верхний - распознавание и анализ ситуации. От того, к какому классу принадлежит ситуация, зависит планирование реакций, которую робот "мыслит" как достаточно адекватную.

Второй эшелон управления получает на вход значение желаемой реакции и формирует соответствующее программное

движение, строит план - желаемый закон изменения координат исполнительных механизмов с учетом возможных препятствий и ограничений.

И, наконец, третий обеспечивает осуществление выбранного движения.

Рассмотренная структура управления "ситуации - реакции" позволяет очувствленному роботу гибко приспосабливать свое поведение к складывающейся, порой резко меняющейся обстановке. Может создаться впечатление, что с помощью совокупности связей "ситуации - реакции" можно организовать любое, сколь угодно сложное целенаправленное поведение робота. Достаточно лишь вложить в память управляющей системы побольше таких связей.

К сожалению, такая концепция слишком оптимистична. Произвольное число "реактивных" связей позволяет совершать лишь те действия, для которых с самого начала были предусмотрены условные или безусловные раздражители. Формирование сложных действий в ответ на сложные сенсорные ситуации представляет собой самостоятельную, сложную проблему.

Для большинства интеллектуальных задач, для которых невозможно заранее сформировать однозначные алгоритмы их решений, невозможно и задать реализующие этот алгоритм наборы связей "ситуации - реакции".

ТРЕТЬЕ ПОКОЛЕНИЕ

РОБОТЫ - ИНТЕЛЛЕКТУАЛЫ

Я МЫСЛЮ - СЛЕДОВАТЕЛЬНО, Я СУЩЕСТВУЮ

Интеллектуальный робот третьего поколения - своеобразное кибернетическое "живое" существо, разумеется, если понимать этот термин достаточно широко. Рассмотрим основные органы этого существа.

Оно наделено рецепторами - разнообразными датчиками внешней и внутренней информации: зрением, слухом, осязанием, обонянием. Кроме рецепторов, оно имеет эффекторы - средства воздействия на окружающую среду. Это мышцы, или сервомоторы, приводящие в действие разнообразные конечности: руки, ноги, хобот, щупальца и т. д.

Главным в таком организме является достаточно развитый мозг, роль которого играет центральный компьютер. Компьютер, кроме всего прочего, имеет непосредственную связь с человеком - оператором. Самое главное, что такой робот обладает вполне целесообразным поведением; по крайней мере, он не глупее обезьяны. Этот организм и есть истинный робот, какую бы физическую форму он ни имел.

Чтобы отличать его от всех других роботов, с которыми мы до сих пор встречались на страницах этой книги, мы будем называть его "кибер", ибо породившая его наука - кибернетика - как раз и постулирует факт универсального единства живого и неживого целенаправленного поведения. Недаром один из создателей интеллектуальных роботов писал: "Робот - это функциональное описание системы, которая до недавнего времени могла быть получена лишь в результате роста живых клеток, а теперь начинает становиться чем-то, что мы можем сами изготовлять".

Кибер способен понимать человеческий язык, на котором ведет диалог с оператором, он сам формируете своем "сознании" довольно подробную модель внешней среды - реальной обстановки, в которой ему приходится "жить". Он может анализировать сложившуюся ситуацию, планировать свои действия для достижения поставленной оператором общей цели, намечать желаемые движения и реализовывать их в условиях неполной информации и быстро меняющейся ситуации.

Стоит заметить, что мы еще далеки от того, чтобы охватить человеческое мышление во всей его глубине.

Тем не менее некоторые исследователи пытаются создать некий "микромир", который вычислительная машина все-таки могла бы понимать.

Вот, например, робот, созданный Д. Уиногрэдом в лаборатории искусственного интеллекта Массачусетского технологического института. Он пытается целиком и полностью освоить игру в кубики: их расстановку и перемещение, геометрические конструкции - в той мере, в какой это знакомо ребенку. Эта машина способна самостоятельно передвигаться и брать определенные предметы. Она "видит" и анализирует увиденное. Она повинуется командам и отвечает на вопросы на человеческом языке. И что всего важнее, автомат способен к "пониманию".

Рассмотрим пример взаимопонимания этого робота и человека, взятый из книги Б. Бирюкова и М. Гутчина "Машина и творчество".

Человек. Подними большой красный блок.

Робот. Хорошо (прежде чем поднять красный блок, машине приходится его освободить: найти место для зеленого блока, лежащего на красном, и перенести его).

Человек. Схвати пирамиду.

Робот. Я не знаю, какую пирамиду вы имеете в виду (так как имеются три пирамиды, робот ничего не делает).

Человек. Найди блок, который выше, чем тот, который ты держишь, и поставь его в ящик.

Робот. Хорошо ("рука" робота опускает красный блок и, поднимая высокий голубой блок, ставит его в ящик).

Человек. Что находится в ящике?

Робот. Голубая пирамида и голубой блок.

Человек. Что поддерживает пирамиду?

Робот. Ящик (такой ответ дан потому, что если раньше программа не знала, о какой пирамиде идет речь, то сейчас предполагает, что мы имеем в виду ту пирамиду, которая только что была упомянута).

Человек. Сколько блоков не находится в ящике?

Робот. Четыре.

Человек. Является ли по крайней мере один из них более узким, чем тот, который я просил тебя поднять?

Робот. Да, красный куб.

Человек. Он опирается на что-либо?

Робот. Да, на стол.

Человек. Может ли стол поднимать блоки?

Робот. Нет.

Человек. Может ли пирамида опираться на блок?

Робот. Да (дедуктивная система находит реальный пример и поэтому знает, что это возможно).

Человек. Может ли пирамида опираться на пирамиду?

Робот. Я не знаю (таких примеров на сцене нет).

Человек. Собери вместе (поставь друг на друга) две пирамиды.

Робот. Я не могу (робот пробует, но терпит неудачу).

Человек. Голубая пирамида - моя.

Робот. Я понимаю.

Человек. Моими являются блоки, цвет которых не красный, но то, что поддерживает пирамиду, не является моим.

Робот. Я понимаю (строятся две новые теоремы, касающиеся вопросов собственности - чей, кому принадлежит).

Человек. Ящик мой?

Робот. Нет.

Человек. Что-нибудь находящееся в ящике является моим?

Робот. Да, два предмета: голубой блок и голубая пирамида.

Человек. Не соберешь ли ты вместе оба красных блока, а также зеленый куб и пирамиду?

Робот. Хорошо (робот выбирает зеленый куб, на котором ничего нет, ставит его на большой красный блок, после чего снимает маленькую пирамиду с маленького красного куба и использует его для завершения указания).

Мы только что познакомились с отрывком из работы американского кибернетика по фамилии Уиногрэд (такова ее

английская транскрипция, однако иногда его фамилию переводят просто как Виноград). Про эту работу М. Минский на советско-американской конференции сказал: "За последние десять лет мы увеличили разум ЭВМ в 106 раз, и я просто как игрок в покер скажу, что на руках у меня имеются доказательства существования искусственного разума. Это докторская диссертация Т. Уиногрэда из Массачусетского технологического института... В ней мы находим программу для вычислительной машины, обладающей небольшой, но все же заметной долей человеческого разума".

Однако, несмотря на видимые успехи искусственного интеллекта роботов, крупный вексель, выданный кибернетиками, еще не оплачен. И дело здесь не только в недостаточном быстродействии ЭВМ или в малом ассортименте сенсорных датчиков. Причина в другом: не хватает конструктивных идей для построения программ разумного поведения роботов. Ведь процессы мышления человека при решении даже самых тривиальных задач еще не разгаданы. Процесс самопознания интеллекта человека продвигается чрезвычайно медленно. Задача "познай самого себя" становится камнем преткновения на пути развития человекоподобных мыслящих устройств.

Проблема создания интеллектуальных роботов, "живущих" в среде, обладающей свойствами неопределенности, привела в последние годы к глубокому осознанию и даже самоосознанию процессов подобного рода, происходящих в биологических системах, в мозгу животных и человека. В результате появилась концепция иерархических адаптивных систем управления, которая эффективно развивается как фундамент организации целесообразного поведения роботов, наделенных интеллектом. Каким образом наш мозг управляет нашим телом, которое даже при грубой оценке с чисто механических позиций имеет более 200 степеней свободы? Как он командует каждой мышцей при выполнении сложных движений, когда мы пишем, ходим, бегаем, плывем, играем на рояле? Как успевает он переработать в минимальное время столь большой объем информации? А никак. Мозг, наш центральный процессор, "выше" этого.

Он вообще не контролирует действия отдельных двигательных единиц нашего тела. Детализация движений происходит на уровнях гораздо более низких, чем кора больших полушарий. Это похоже на программирование на языке высокого уровня, где достаточно указать "цикл от 1 до 20 с шагом 1", а машина сама развернет эту команду цикла в детализированную систему операций. Наиболее очевидные распоряжения типа "прикоснешься к горячему - отдерни руку" происходят даже без

осознания их мозгом.

Такое распределение функций, представляющее собой распределение крупной задачи между несколькими уровнями, гораздо выгоднее, экономнее, оперативнее, чем жестко централизованное, когда управляющий орган точно предписывает необходимое действие каждому из составляющих систему элементов. При решении серьезных задач такой централизованный мозг оказался бы настолько сложным, что едва ли уместился бы не только в черепной коробке, но даже во всем теле человека.

При выполнении тех или иных сложных движений мы складываем их из некоторых обобщенных кирпичиков: встать, сесть, шаг правой, шаг левой. Обучение ребенка всему многообразию движений сводится к формированию и закреплению в его "памяти" соответствующих кирпичиков. Кстати, аналогично организуется и процесс восприятия. Чувственный образ - это определенная последовательность или комбинация звуковых, зрительных или обонятельных импульсов (лошадь, человек) или их комбинации (человек на лошади или кентавр.)

Другой общий принцип организации управления в сложных биологических системах - это способность к обучению, адаптация к заранее неизвестным, меняющимся в довольно широких пределах условиям жизни.

Способность к адаптации присуща не только организму в целом, но и отдельным его органам и даже функциям. Эта способность незаменима в тех случаях, когда одна и та же проблема должна решаться многократно. Таким образом, феномен адаптации играет существенную роль в целесообразном поведении всего живого.

В начале нашего века зоопсихолог Э. Торндайк провел следующий эксперимент с животными. Имелся Т-образный лабиринт с тремя площадками. На площадку, находившуюся в основании буквы Т, помещалось подопытное животное, а на две другие площадки, находившиеся у концов горизонтальной перекладины буквы Т, помещалась приманка. Животное могло делать альтернативный выбор: добежав до развилки, оно могло повернуть к левой площадке или к правой площадке.

Но по пути к приманке его ожидала неприятность.

В стенки коридора были вмонтированы электроды.

С некоторой фиксированной вероятностью на них подавалось напряжение, и тогда пробегавшее мимо них животное получало болевое раздражение - среда выдавала сигнал наказания. Сигналом же поощрения среды была та пища, которая ожидала животное на конечной площадке. Если в эксперименте

вероятность раздражения в одном из коридоров (например, в левом) намного превосходила вероятность такого раздражения в другом коридоре (в правом), то естественно было бы считать, что животное адаптируется к условиям среды: после серии пробежек оно будет предпочитать поворачивать в правый коридор, а не в левый. Больше всего Э. Торндайк экспериментировал с крысами. Оказалось, что они быстрее оценивают более безопасный путь и уверенно выбирают его даже при небольшой разнице наказаний.

Другие подопытные животные делали это с разной степенью адаптивности, но способность эта оказалась присущей всем видам животных, участвующих в экспериментах.

Проблема управления интеллектуальным роботом заключается, таким образом, в моделировании способности животного и человека к адаптации.

Иерархическая организация управления роботами - это прежде всего распределение функций восприятия, обработки информации и управления между отдельными уровнями иерархии и подсистемами роботов. Полностью централизованные алгоритмы обработки информации и управления при больших объемах обработки, свойственных роботам третьего поколения, оказываются малоэффективными или даже непригодными. Таким образом, возникновение иерархической адаптивной структуры диктуется в первую очередь стремлением повысить качество управления роботом, то есть уменьшить уровень неопределенности и увеличить быстродействие.

Для функционирования отдельных уровней и подсистем необходим значительно меньший объем информации.

Так возникает распараллеливание алгоритмов, что и позволяет решить задачу в условиях существенно меньшей неопределенности.

Итак, для активной жизни роботов третьего поколения жизненно необходимы "хорошие мозги", ибо именно от степени интеллектуальности робота зависит принадлежность его к тому или иному поколению. Существует даже весьма обоснованная классификация роботов в зависимости от функций его электронного мозга.

Управляемые роботы. Роботы "нулевого поколения" - управляемые человеком манипуляторы - не обладают, естественно, никакими свойствами интеллектуальности - все заключено в операторе.

Обучаемые роботы. Роботы первого поколения имеют память. План и порядок действий задает человек - оператор, а робот всего лишь запоминает (способность обучаться) и воспроизводит.

Очувствленные роботы. План действий задает человек, а

робот, запомнив план, вычисляет конкретный порядок действий в зависимости от тех или иных данных внешней среды (обратная связь).

Интеллектуальные роботы. Человек задает лишь цель, а робот сам составляет план операции, определяет порядок действий с учетом реальных условий и превращает действия в движения исполнительных механизмов. Для этого роботу необходимо иметь не только широкую систему чувств, не только интеллект, но и модель окружающей действительности и даже модель самого себя (сознание и самосознание робота).

КАК РОБОТЫ НАБИРАЛИСЬ УМА

"Представление о том, что компьютеры делают только то, что им диктуют люди, обманчиво. Если вы не можете сказать компьютеру, как сделать что-то самым лучшим образом, то вы оОязываете его испробовать множество подходов. И если кто-то потом будет говорить, что машина действовала так, как ей было сказано, в этом будут содержаться двусмысленности. Ведь вы не устанавливали и не могли знать, какой из подходов изберет машина", указывает М. Минский, специалист в области искусственного интеллекта.

Обычные вычислительные машины, которые обрабатывают счета за электричество или производят банковские операции, - это всего лишь счетные устройства: быстродействующие, но абсолютно неразумные. Вся их программа содержит лишь список команд, которые они безошибочно выполняют.

В некоторых научно-исследовательских центрах уже имеются другие вычислительные машины, внешне очень похожие на прежние, но в них заложены более сложные программы. Ученые начиняют машину информацией и учат ее "мыслить". Такие машины, наделенные "разумом", постепенно смогут имитировать многие наши способности, а в некоторых случаях даже превзойти их. В скором времени, возможно, это будут роботы, которые начнут рассуждать, понимать, приобретут способность учиться, а после этого попытаются изменить наши представления о жизни и даже о сам-их себе.

Исследователи во всем мире занимаются этой проблемой вот уже в течение 25 лет. Во время второй мировой войны английский математик А. Тьюринг изобрел машину - прародительницу современных вычислительных машин. Это была система, способная расшифровывать вражеские сообщения. Всю свою жизнь изобретатель затем мечтал о создании такой машины, которая была бы способна учиться и стать разумной.

То, что сейчас называют первым "искусственным мозгом", родилось в проектах другого известного математика- Дж. фон

Неймана в октябре 1945 года в Принстоне. Он так же, как и его будущие последователи, был увлечен психологией и неврологией. После бесплодных попыток создать математическую модель человеческого поведения он потерял веру в возможность создания "искусственного разума", элементы первых громоздких вычислительных устройств имели настолько большие размеры, что Дж. фон Нейман не в состоянии был решить вопрос - каким образом заменить ими ничтожно малые нервные клетки.

Поскольку в те времена человеческий мозг рассматривали как нечто сотканное из взаимосвязанных нейронов, его можно было представить в виде какого-то вычислительного устройства, в котором циркулирует не энергия, а информация. Если принять такую аналогию, рассуждали ученые, то почему бы не придумать систему, в которой разум будет зарождаться в результате прохождения через нее информации?

Выдвигались самые различные теории относительно искусственного мышления. Физик Д. Мак-Кей предложил, например, интересный метод аналогий и вероятностей, пользуясь которым машина могла бы мыслить, используя логические элементы, двоичные или недвоичные.

Этот метод вполне заслуженно был оценен как слишком упрощенный для точного моделирования человеческого мышления.

На первой крупной конференции ученых, работающих в этой области, которая состоялась еще в 1956 году, многие ее участники высказались за принятие термина "искусственный разум", чтобы хоть как-то определить предмет своих исследований. При этом не обошлось без бурных дебатов. Хотя все присутствующие верили в возможность передачи кое-чего, что пока находится лишь в компетенции человека, своим еще примитивным вычислительным машинам, они были далеки от того, чтобы прийти к единому мнению относительно средств достижения этой возможности. Одни полагали, что необходимо начать с постановки машинам простых задач, другие считали, что прежде всего следует разработать теорию и построить модель человеческого мозга...

Два никому не известных исследователя, А. Невелл и Г. Саймон, выдвинули совсем необычную идею. Они изучали, каким образом два человека могут общаться друг с другом с помощью системы сигнализаторов и кнопок. Эта система должна была раскладывать их поведение на серию простых и логических операций. Поскольку большая вычислительная машина была установлена в том же помещении, где работали оба исследователя, они развлекались тем, что ставили свой

эксперимент с ног на голову: вводили в машину простые логические правила, чтобы заставить ее выработать в себе способность к более сложным рассуждениям. Это была гениальная мысль; программа не только работала, но с ее помощью было открыто новое доказательство одной теоремы: оно было совершенно неожиданным и намного более элегантным, чем до этого существующее.

А. Невелл и Г. Саймон открыли основополагающий принцип: нет необходимости в том, чтобы понять человеческий мозг для передачи разума машине. Необходимо изучать не то, как работает наш мозг, а то, что он делает. Нужно проанализировать человеческое поведение и исследовать процесс приобретения им знаний, а не разрабатывать теорию относительно сети нейронов.

Короче говоря, предпочтение отдается психологии, а не физиологии.

Начиная с этого времени исследователи пошли по пути, открытому А. Невеллом и Г. Саймоном, что, однако, не мешает им постоянно спорить по поводу различных способов заставить "думать" вычислительную машину.

Последователи одной школы - она основана на логике - пытаются расчленить процесс рассуждения на серию логических предложений. Машина "продвигается" от одного предложения к другому, делая последовательные выводы, сравнимые с известным силлогизмом:

"Все люди смертны; Сократ - человек, следовательно, Сократ смертен".

Машина еще далека от того, чтобы приобрести те общие знания, которыми обладает даже малолетний ребенок. И достигнут ли вообще когда-нибудь машины уровня развития ребенка? Этот вопрос уже давно разделил ученых на два лагеря. В Беркли преподаватель философии Х. Дрейфус стал во главе радикальной оппозиции приверженцам идеи "искусственного разума". Он поставил их науку в один ряд с алхимией. "Никогда не удастся запрограммировать нашу мысль, - заявляет он, - хотя бы по той простой причине, что мы растем в реальном мире, в обществе, мы познаем мир вместе с нашим телом, мы не состоим из одного только разума!

Машина может знать, что такое "ресторан", - продолжает он, - но она не в состоянии знать, ест ли посетитель ногами. Или как приближается к столу официантка: в полете или ползком? Никогда машина не будет иметь столько знаний, чтобы охватить мир во всем его многообразии!"

Но сотрудник Массачусетского технологического института М. Минский отказывается верить в то, что разум машин

ограничен. Когда его спрашивают, что же он понимает под термином "искусственный разум", он, таинственно улыбаясь, отвечает:

"Это наука, которая заставляет делать машины то, что человек считает интеллектуальным, когда делает то же самое". Этот ученый объединил вокруг себя еще нескольких исследователей, также работающих над созданием искусственного разума. Будучи физиком и математиком, он изучил психологию, неврологию и социологию. Когда-то своими руками он сконструировал машину на базе электронных ламп, участвовал в разработке "Персептрона", некоего подобия искусственного ученика. Совместно с математиком С. Пейпертом он был также автором обучающей системы для детей.

Сейчас М. Минский уже не заводит разговор о машинах. Тема его бесед человек; когда он говорит, взгляд его кажется отсутствующим, он как бы прослеживает внутри себя весь ход своих собственных рассуждений. "Искусственный разум - это новый вид психологии", - замечает М. Минский. Она представляется ему платформой экспериментальной науки, которая использует вычислительную машину как средство моделирования с целью постижения природы человеческого мышления.

"Наши основные знания нигде не записаны, - утверждает М. Минский. - Все знают, что для того, чтобы взять книгу, нужно протянуть руку. Но этого не найдешь ни в одной энциклопедии. А вычислительная машина не может этого знать".

М. Минский и его студенты пытались, например, определить такое простое на первый взгляд понятие, как "вода". Это оказалось настоящей головоломкой. Необходимо знать, что вода - это жидкость, что ее уровень горизонтален, что ее количество не изменится, если ее перелить из одного сосуда в другой, но она вытечет из дырявого сосуда, может замочить одежду и т. д.

И вот вычислительная машина, получившая самую общую информацию о воде, "постаралась" дать ответ на один очень важный вопрос: "Что случится, если наклонить стакан, заполненный водой?" Машина очень хорошо изображала на своем экране стакан, опрокинутый до горизонтального положения, и, несмотря на "известный" ей закон тяготения, упорно показывала на экране опрокинутый стакан, жидкость из которого никак не выливалась. И она никогда не сможет познать на горьком, но таком поучительном опыте то неприятное ощущение, какое испытывает человек, когда вода заливает одежду. Вычислительная машина более охотно воспринимает чисто книжные знания.

Именно такие исследования проводит группа ученых под руководством психолога Р. Шэнка. Здесь машина учится читать и обобщать текст, разумеется, при постановке вопросов в письменном виде. Она делает переводы как с английского языка на другие, так и наоборот; упражняется в ведении беседы, в искусстве аргументирования и даже начинает заучивать слова.

КИБЕРНЕТИЧЕСКИЙ ДИАЛОГ

- Почему ты вчера вернулся так поздно? - недовольно спрашивает Мэгпай.

- Я ходил в кегельбан, - отвечает Скотт Робертсон, ее муж, не обращая внимания на вызывающий тон.

- А я думала, что ты испытываешь отвращение к этой игре, - коварно замечает Мэгпай.

- Когда я в компании, то не испытываю.

- А я к этой компании не отношусь?

Скотт слабо протестует:

- Это ведь не одно и то же.

- Разумеется, потому что ты не можешь найти себе женщин у себя дома!

Происшедшая семейная сцена была бы самой обычной, если бы эта ревнивая американка не оказалась... ЭВМ.

Мэгпай - Сорока - это программа для вычислительной машины, которой отведена роль сварливой супруги, озабоченной тем, чтобы "приструнить" своего подставного мужа, молодого психолога Йельского университета, который ведет с "ней" диалог посредством клавиатуры.

Эта машина не хранит в своем запоминающем устройстве заготовленные и стереотипные фразы. Она сама формирует ответы. Она аргументирует, "размышляет", и в этом она в какой-то степени уподобляется человеческому существу. Машина "мыслит" своим особым способом. Опираясь на психологию и информатику, ученые поставили перед собой по меньшей мере честолюбивую задачу: изучить образ мышления человека и его поведение, чтобы затем воспроизвести их искусственно.

Когда мы говорим слова "искусственный интеллект", то немедленно возникает аналогия с чем-то ненастоящим. Вспомним, с каким оттенком мы произносим слова "искусственная пища" или "искусственная трава".

Термин же "искусственный интеллект" затрагивает нас до глубины души, ибо единственный интеллект, который нам известен, - это наш собственный, естественный. Может быть, поэтому проблема создания искусственного интеллекта вызвала столько споров и публикаций. Число публикаций, посвященных проблеме "возможен ли искусственный интеллект", приближается

к числу публикаций, посвященных конкретным научным результатам в этой области. Человек яростно защищает один из последних бастионов своего человеческого от нашествия машинного. Дело осложняется еще и тем, что термин "искусственный интеллект" чисто условный. Это понятие до сих пор не определено. Остроумное определение типа "наука, которая заставляет делать машину то, что человек считает интеллектуальным, когда делает это сам", к сожалению, малоконструктивно, а иногда и прямо заводит исследователей в болото практического формализма.

Известно, сколько шума и научной суеты породил знаменитый тест Тюринга "Если я не догадаюсь, что со мной беседует машина, то эта машина уже достигла интеллектуального уровня человека". Чтобы исключить проблему машинной речи, такой диалог лучше вести с помощью телетайпа. Для многих кибернетиков, как казалось, недосягаемый тюринговский уровень открыл блестящую перспективу. Как из рога изобилия посыпались различные электронные собеседники. В конце 60-х годов американский кибернетик, преподаватель Массачусетского технологического института Дж. Вейценбаум изготовил несколько программ, основная цель которых в условиях теста Тюринга - сбить с толку придирчивого эксперта. В основе этой работы лежит идея псевдореального диалога. При таком диалоге имеется только видимость беседы. "Собеседник" фактически не вникает в смысл сообщаемого, а строит свой ответ на основе несложного формального преобразования услышанного.

- Прийти к вам мне посоветовал приятель; он говорит, что это несколько развлечет меня, - говорит исследователь.

- Прийти сюда посоветовал ваш приятель? - удивляется машина.

- Он говорит, что у меня вечно депрессия.

- Мне очень жаль, что у вас депрессия.

Дж. Вейценбаум придумал свою обворожительную "Элизу" после того, как досконально изучил скучные салонные беседы. Он заметил, что некоторые из его соотечественников обладают способностью отвечать собеседнику, не проявляя при этом к нему никакого интереса, но они все же очень хорошо умеют поддерживать диалог. "Элиза", унаследовавшая эту способность, отыскивает в вопросах ключевые слова, формируя после этого стереотипные ответы, которые кажутся вполне уместными. "Дама", таким образом, наделена некоторым интеллектом, но на самом деле это лишь ограниченная притворщица. "Элиза" очень проста: определенные ключевые слова во фразе человека заставляют ее реагировать, подставляя определенные речевые обороты.

Например, если машина читает предложение: "Ты неизвестно что", она отвечает: "Почему вы думаете, что я неизвестно что?" Велеречивая "Элиза" просто салонная болтунья.

В отличие от нее "Пэрри" - программа, созданная К. Колби в Стенфордском университете, призвана помочь начинающим психиатрам приобрести некоторый опыт в беседе с тяжело больными пациентами. Программа моделирует человека, страдающего манией преследования. В программу заложена определенная биография. Пэрри 28 лет, он холост, работает на почте. Он легко раним, чувствителен ко всему, что касается его внешности, образования, убеждений. Его любимые занятия - кино и скачки. Как-то он набросился на букмекера, заведующего ставками на ипподроме, из-за того, что тот не выплатил ему выигрыша, и с тех пор страшится мести преступного мира. Во время разговора эмоциональное состояние Пэрри часто меняется. Если ведущий беседу человек слишком часто затрагивает "больные места", Пэрри начинает волноваться, у него появляются симптомы паранойи.

- Вы боитесь преступного мира?
- Мафия - самые страшные гангстеры.
- Вы связаны с мафией?
- Видите ли, они меня знают.
- Откуда они вас знают?
- Они следят за мной.
- Почему?
- Хотят сочинить что-то обо мне, чтобы меня посадили.
- Что они имеют против вас?
- Они хотят со мной покончить.
- Почему?
- У меня есть против мафии кое-какие улики.

Когда группе психиатров была предоставлена возможность побеседовать посредством телетайпа с настоящим больным и с программой Пэрри одновременно, то они, хотя и знали, что один из собеседников - машина, не могли отгадать, кто именно. Таким образом, тест Тюринга начал действовать.

Интересное событие произошло позже, когда уже упомянутый нами Дж. Вейценбаум создал модель врача-психиатра для лечения некоторых больных с признаками расстройства типа неврозов. Возникла идея "вылечить" Пэрри с помощью программы врача. Вот пример происходящего между ними диалога:

В. Здравствуйте. Расскажите, на что вы жалуетесь.

П. Люди иногда действуют мне на нервы.

В. Я не уверен, что полностью вас понимаю.

П. Вам следует быть повнимательнее.

В. Пожалуйста, продолжайте.

П. Как-то я пошел на ипподром в Бэй-Медоус.

В. И с чем вы это связываете?

П. Я пошел на скачки.

В. Что еще вы хотели бы обсудить?

П. Я интересуюсь скачками.

В. Почему вы это говорите?

П. Там жульничают в игре.

В. Я не уверен, что полностью вас понимаю.

П. Вы настоящий зануда.

В. Вам нравится считать меня настоящим занудой?

П. Я сыт по горло.

В. И с чем вы это связываете?

П. До свидания.

В. Мне было очень приятно с вами познакомиться.

С вас 399 долларов 25 центов.

Неплохой диалог, хотя доктор немного "плавает".

Программисты надеются со временем настолько усовершенствовать программу "Пэрри", чтобы молодые врачи в процессе диалога могли "вылечить" искусственного больного, и тогда студенты смогут практиковаться в разговоре с машиной, не подвергая действительно больных людей риску пострадать от неумелого лечения.

Еще важнее научить машину улавливать суть того или иного сообщения. Различают два типа общения с компьютером: ограниченная беседа и ограниченное понимание. При ограниченной беседе машина "понимает" все, что ей говорят, но лишь в случае, если затрагивается определенная тема скажем, шахматные ходы или построение конструкций из кубиков. При ограниченном понимании можно разговаривать с машиной о чем

угодно, но она далеко не всегда вас полностью поймет. Именно такова программа "Элиза", разработанная Дж. Вейценбаумом. "Элиза" способна лишь на поверхностное понимание предметов и явлений.

Однако по мере развития теории и практики кибернетического диалога речь машины становится все более и более осмысленной. Вспомним ревнивую Мэгпай, которой начинался этот параграф. Тест Тюринга начал срабатывать все чаще и чаще.

Вице-президент одной американской компании, занимающейся производством ЭВМ, сам того не подозревая, оказался подвергнут тестированию по критерию Тюринга. Вот какой диалог по телетайпной связи произошел у вице-президента с системным программистом Д. Бобровым, сотрудником той же компании:

В-пр. Нельзя ли мне сейчас воспользоваться ЭВМ?

Бобров. Почему вы спрашиваете?

В-пр. Может быть, мне удастся заключить сделку.

Бобров. Почему вы в этом уверены?

В-пр. Мои предполагаемые покупатели никогда не видели нашу систему в действии.

Бобров. Это имеет для вас большое значение?

В-пр. Конечно.

Бобров. Вы как будто сомневаетесь в этом?

В-пр. Что за нелепое замечание?

Бобров. Что вы имеете в виду, говоря о нелепом замечании?

В-пр. Возражаете ли вы против того, чтобы я сейчас воспользовался ЭВМ?

Бобров. Расскажите мне побольше о ваших предполагаемых покупателях.

В-пр. Позвоните мне 491-18-50.

Когда звонка от Д. Боброва не последовало, разгневанный вице-президент начал отчитывать своего секретаря, и тут выяснилось, что телетайпный коммутатор соединил его не с самим Д. Бобровым, а с той самой системой, которую вице-президент и хотел предложить заказчикам. Таким образом, критерий Тюринга быстро девальвировал в глазах кибернетиков, так и не поведя нас к границам подлинной интеллектуальности компьютеров.

ЗА СОВЕТОМ К РОБОТУ

Пока одни ученые разрабатывали принципы кибернетического диалога, другие практики и прагматики стремились запрячь эту новую способность машины в телегу научно-технического прогресса. Они решили предложить машине

некоторый объем знаний из очень конкретной области.

Все полученные машиной элементы информации связаны между собой сложной системой взаимозависимых отношений. Прибегая чаще к аналогиям и заключениям, чем к логическим выводам, машина сортирует, объединяет и синтезирует эти элементы, постепенно развивая свою способность "мыслить".

Первые такие машины появились в конце 50-х годов.

Они доказали около сорока теорем и решали простые задачки типа "постройка детской пирамиды".

Уже в 60-х годах можно было побеседовать о погоде с машиной, имеющей понятие о метеорологии и обладающей знаниями синтаксиса, которые ей необходимы для правильного построения фраз. Когда, например, ей говорили: "Я не люблю дождь летом", она очень вежливо отвечала: "Да, но дождь летом бывает не так часто".

Другая программа, получившая название "Бейсбол", отвечает на все вопросы, связанные с матчами года: место встречи, счет, состав команд. Что касается программы "Сэд Сэм", то она уже стала интересоваться семейными отношениями своих собеседников, правда, не имея о том никакого понятия. И только в 1965 году машина "Сэр" стала больше внимания уделять значению слов, а не их расстановке во фразе. А машина такого же типа "Стьюдент", как хорошо успевающий учащийся, решала уравнения первого порядка, формулируя последовательность их решения на беглом английском языке.

Чем в большей степени вводимые в машину знания относятся к специальной области, тем больше шансов существует за то, чтобы машины их освоили. В настоящее время некоторые из них являются самыми настоящими "экспертами". Они уже помогают специалистам определять, например, насколько богат рудой тот или иной геологический пласт, или ставить диагноз при инфекционном заболевании.

Для создания таких искусственных "специалистов" необходимо передать им знания специалистов-людей.

Но, как это ни парадоксально, главная трудность как раз заключается в том, чтобы "изъять" эти знания из мозга человека. Врач, например, ставит свой диагноз, исходя из опыта, следуя при этом правилам, которыми он пользуется почти бессознательно, автоматически.

И вот исследователи проводят долгие часы, интервьюируя врачей и других специалистов, чтобы затем уяснить для себя основные закономерности, свойственные процессу их мышления. Как только удастся восстановить весь ход их рассуждений, будет относительно несложно воспроизвести его в программе

вычислительной машины.

Начиная с 1965 года машина "Дендрал" - первый искусственный "специалист", созданный в Стенфордском университете Э. Файгенбаумом, помогает химикам определять молекулярную структуру веществ. Другой эксперт, "Проспектор" ("Старатель"), тщательно исследует геологические карты и пробы грунта для определения возможных месторождений. В штате Вашингтон им было открыто богатое месторождение молибдена.

Что касается машины "Медцин", ее программа была составлена в 70-х годах, то она ставит диагнозы при инфекционных заболеваниях, если ей сообщат результаты анализов и основные симптомы заболевания. И что самое важное, она в любой момент объяснит причину, по которой ставит именно такой диагноз, а не другой, если таких объяснений потребует от нее пользователь.

В университете Питтсбурга специалист по компьютерам Г. Поупл и специалист по внутренним болезням Дж. Майерс создали программу "Кадуцей", которая содержит в своей памяти больше симптомов болезней, чем смог бы в любом случае запомнить врач. Программа позволяет ЭВМ комбинировать факты, оценки и суждения и ставить сложные диагнозы. Машина ставит диагноз?

Да! И вот тому пример. В этот компьютер были однажды введены детальные сведения о пожилом человеке, доставленном ночью машиной "скорой помощи" в университетскую клинику. У него был плохой вид и одышка. Сердечный приступ? "Это было мое первое предположение", - рассказывал доктор Майерс.

Принимая во внимание картину состояния больного - отсутствие болей в области грудной клетки, перенесенный ранее сердечный приступ, нормальное давление крови, запись в истории болезни о диабете, - компьютер отверг более десятка предположенных заболеваний, предварительно оценив их проявления, а затем на экране появилось сообщение о главном подозрении: "предварительный диагноз - диабет сахарный".

Компьютер запросил об уровне сахара в крови у больного. Довольно высокий. Он задал другие вопросы, чтобы вынести завершающее решение по диабету, а затем объявил: "отвергнуть диагноз - диабет -сахарный".

Далее последовали новые диагностические вопросы о шумах в сердце, о результатах прослушивания дыхания (дыхательных шумов) и рентгеновского просвечивания грудной клетки... Через несколько минут компьютер вынес заключение, что больной является жертвой сердечного приступа. Врачу потребовалось бы несколько дней, чтобы прийти к такому же решению.

В сложных или в необычных случаях "Кадуцей" ставил более

правильный диагноз и тщательнее, чем это делали практикующие врачи. По словам доктора Дж. Майерса, компьютер почти всегда соглашался с врачом-специалистом, у которого было достаточно времени, чтобы изучить каждый симптом у пациента.

После проведения дополнительных испытаний "Кадуцей" смог бы стать обычным советчиком докторов, и он, возможно, даже уменьшит стоимость медицинского обслуживания, поскольку врачам придется назначать больным меньшее число анализов, руководствуясь вопросами компьютера. Ведь не секрет, что лечение в США, включая анализы, стоит очень дорого.

Уже существует около 50 таких новоиспеченных "специалистов". Предсказывают, что у них будет многочисленное потомство. В Японии, например, работают над созданием ЭВМ, которая будет автоматически переводить и отпечатывать документы, совершая для этого распознавание живой и письменной речи. Все, чго придется делать пользователю, - это произносить команды. Если машина не поймет, она заговорит, будет задавать вопросы. Она будет делать выводы на основе собственных "суждений". Кроме того, она будет учиться, запоминая свои ошибки.

Возможно, что "экспертные системы" будущего станут давать советы не только инженерам, врачам и химикам, но даже любителям-цветоводам, ухаживающим за прихотливыми комнатными растениями. Они обретут роль обычных, будничных консультантов.

РОБОТЫ

ВОКРУГ НАС

ТАМ, ГДЕ ТРУДНО, ВРЕДНО, ОПАСНО

Ежегодно шахтерами выдается на-гора более 70 миллионов тонн угля, количество, конечно, впечатляющее.

Однако средний прирост добычи из года в год снижается, и есть тому объективные причины. Главная - в том, что добывать уголь из-под земли становится все трудней. Поэтому в постановлении ЦК КПСС и Совета Министров СССР (1981 г.) "О мерах по ускорению технического перевооружения шахт Министерства угольной промышленности СССР" сказано, что надо уделить самое серьезное внимание созданию и внедрению автоматизированных средств добычи угля без постоянного присутствия людей в забоях.

В чем же состоит техническая сторона вопроса?

В 30-е годы шахтерский мир всколыхнул рекорд А. Стаханова. Тогда же появились тысячи его последователей, верно уловивших суть: если раньше забойщик сначала отбивал уголь, а затем сам же укреплял кровлю забоя деревянными стойками, то А. Стаханов

рубил и рубил уголь, молотка из рук не выпуская, кровлей же занимались шедшие за ним крепильщики.

Так пришло в шахты разделение труда - первая предпосылка автоматизации.

Вскоре мощные угольные комбайны вытеснили отбойные молотки, а деревянные стойки заменила гидравлическая механизированная крепь. Комбайн ходил вдоль штрека, слой за слоем снимая уголь.

Изобретатели, оценив этот процесс с точки зрения его комплексной автоматизации, отметили главные недостатки. Первый: добыча угля в каждый момент времени сосредоточена около единственной точки пласта, где в него "вгрызается" бешено вращающаяся головка комбайна. И второй: крепежные секции перемещаются независимо друг от друга. Отсюда вывод: чтобы полностью автоматизировать такой процесс, необходимо связать комбайн и крепь в единый комплекс системой датчиков, управляющих и исполнительных узлов.

И вот появился первый проект робота-шахтера. Его двенадцать резцов движутся по забою, снимая уголь уже по всей кромке пласта. Непрерывную подачу агрегата в забой осуществляют части секций крепи, которые в данный момент подпирают кровлю. Оставшиеся ни во что не упираются, а подтягиваются вслед за комбайном.

Догнав его, крепи занимают рабочее положение и теперь сами толкают систему. Затем наступает черед шагать другим опорам, домкраты которых раньше были основным держателем. И так далее. Получается, что крепь движется в забое, как червяк в грунте, непрерывно продвигаясь вперед.

Таким агрегатом, высвободившим труд многих горняков, управляет всего один человек, да и тот переместился в штрек, куда вынесен пульт управления.

Это в общих чертах идея робота-шахтера. Однако прежде, чем она стала реальностью, предстояло рассчитать ее конкретные узлы, "привязать" их параметры к условиям забоя. Ведь пласт имеет сложную, порой весьма искривленную конфигурацию, в которую должен вписаться умный агрегат. Кроме того, ему необходимо двигаться в пласте с заданной скоростью по определённой траектории.

Но вот появились и первые успехи: "Мировой рекорд добычи из крутых пластов! С помощью робота-шахтера АК-3 выдано на-гора 2595 тонн в сутки".

Агрегат зарекомендовал себя отлично. Он может заменить работу восьми участков шахты численностью 450 человек.

Его изобретатель А. Долинский стал победителем

Всесоюзного конкурса Минуглепрома СССР, создав лучший проект безлюдной выемки. Появился приказ о серийном изготовлении АК-3 на Киселевском машиностроительном заводе. В 1980 году право на изготовление агрегата приобрела одна из западногерманских фирм.

Агрегат А. Долинского - первое поколение роботизации подземных работ. Пока еще при АК-3 должен, правда, в штреке находиться человек. Но конструктивные особенности агрегата таковы, что он близок к тому, чтобы стать истинным роботом. Прежде всего ему необходимо очувствление для определения границы "порода - уголь". Здесь самым перспективным считается изотопный метод, позволяющий вести анализ границы с помощью радиоактивного излучения.

Очувствление роботу-шахтеру необходимо еще и потому, что обстановка в забое меняется практически каждую минуту: может измениться угол наклона пласта, прорваться вода или обрушиться свод. Чтобы робот мог ориентироваться в любой ситуации, следить за тонкостями процесса, ему нужен телеглаз. Но электроаппаратура, в том числе и телевизионная в традиционном исполнении, для шахт неприемлема: она взрывоопасна.

Здесь вполне подойдут гибкие световоды. Обрабатывать информацию от датчиков и управлять всем процессом работы станет микро-ЭВМ, вынесенная из опасной зоны в штрек. А свяжут компьютер с агрегатом те же световоды.

Разработка всех этих средств управления намечена программой Минуглепрома СССР по созданию и внедрению автоматических манипуляторов (промышленных роботов). Естественно, агрегат А. Долинского только часть этой обширной программы. В ней также предусмотрено освоение в 1990 году серийного производства многих видов добычного и проходческого оборудования с автоматическим управлением. Кроме того, будут выпущены манипуляторы и для вспомогательных операций: транспортировки, погрузки и разгрузки угля.

И наконец, две шахты к 1990 году станут шахтами будущего: управление здесь полностью передадут автоматике.

Существуют и другие роботы-шахтеры, добывающие, например, руду. Но здесь есть масса специфических проблем. Уголь - порода сравнительно мягкая. Комбайн рубит его непрерывно. В рудниках же основным добывающим "инструментом" пока является взрыв. Без него, увы, не обойтись. Технологическая схема добычи давно устоялась, хотя отрицательных моментов хватает.

Скажем, на проветривание штрека после взрыва уходит не меньше смены. В это время все замирает, ведь работать в пыли людям невозможно. Раньше все происходило так: рабочий нес на плече перфоратор - сверлильное устройство, напоминающее отбойный молоток; высверливал в стене штрека несколько отверстий. Следом приходил взрывник, закладывал в отверстия взрывчатку, подсоединял проводку, уходил в безопасное место. Взрыв! Густое облако пыли заволакивало все вокруг. Когда штрек проветривался, приезжал экскаватор и грузил отколотую взрывом породу.

Первая волна механизации и автоматизации началась лет пятнадцать назад. Перфоратор стал самоходным, повышенной мощности, а значит, и производительности. Рабочий толкал впереди себя тележку, жало перфоратора вгрызалось в породу. Все-таки это лучше, чем таскать железную махину на плечах и держать на весу при сверлении. Появились скреперные лебедки, диспетчерские системы связи и многое другое.

Но вот появился и робот-рудокоп, уже не просто перфоратор, а целая система, которая автоматически "прицеливается" в стену штрека, предварительно датчиками нащупав его верхнюю кромку. Разводит буры на нужные расстояния друг от друга. Процесс бурения контролирует мини-компьютер "Электроника-60". Он реагирует на крепость породы, ведь она часто меняется по мере углубления бура, регулирует число оборотов, усилие подачи бура, дает команды на переход от вращательного к ударно-вращательному способу сверления.

Программой предусмотрены специальные меры против заклинивания и поломки бура. Производительность повышается в три-четыре раза, условия труда, естественно, улучшены, человеку остаются лишь функции наблюдателя.

Рабочий макет такого робота создан и испытан. Это первый представитель первого поколения шахтных роботов-рудокопов. Он наделен гибкой программой, действует в забое сообразно обстановке. Человеку остается контролировать его труд на расстоянии, ремонтировать и, наконец, совершенствовать.

Сейчас этот робот проходит полупромышленные испытания, после чего будут изготовлены промышленные образцы. Организаторы проекта с самого начала расчленили технологическую цепочку на отдельные звенья.

Каждое звено разрабатывается самостоятельно. Для бурения - свой робот, для погрузки руды - свой, для учета и контроля рудодобычи - свой. Целая бригада роботов. Они должны зарекомендовать себя на деле.

После очередного взрыва требуется погрузить и вывезти

куски отломанной породы. Наибольшая опасность подстерегает человека в забое именно в этот период.

Задача: с помощью робота полностью автоматизировать погрузку и вывозку руды. Разработчики уже демонстрируют лабораторный макет такого робота второго поколения. Это колесная тележка с ковшом, снабженная телекамерой. Граница груды камней на экране отображается сплошной линией. Она дает иной отсвет, чем окружающие пол и стены. Информация обрабатывается бортовым компьютером. Определяется расположение взорванной массы в забое, ее конфигурация. Тележка сама подъезжает к камням и начинает погрузку в бункер. Загрузившись, уезжает из забоя. Вместо телекамеры разработчики попробовали установить инфраприемник, выяснилось, что температура взорванной массы выше пола и стен штрека, значит, стоит попробовать ориентироваться по тепловому излучению. Выигрыш несомненный, телекамера, как и человек, не видит в пыли, которая поднимается после взрыва. Приходится ждать. А инфраглазу эта пыль не помеха.

У шахтного робота давно не стало противников.

А у директора института Ш. Болгожина новые заботы.

Найден полигон - давняя мечта директора. До сих пор все испытания проводили в действующей шахте. У шахтеров план, а тут ученые со своими поделками мешают.

Теперь будет иначе. В сотне километров от Алма-Аты, возле Копчегайской плотины, ученым дали несколько гектаров каменистой местности. Испытания и доводки роботов будут проводиться там. Только потом готовый робот придет в шахту.

Добыча полезных ископаемых ведется не только под землей, но и под водой, их запасы там огромны и нетронуты. Вот характерный пример: по прогнозам геологов, под дном океана между побережьем Южной Африки и Бразилии находится алмазная жила, превосходящая все мировые запасы во много тысяч раз.

Мировой океан. Он занимает большую часть нашей планеты, так что с чисто формальной точки зрения ее нужно было бы назвать не Земля, а Вода. Человек уже давно вступил в сношения с этой частью своего космического дома, черпая из нее прежде всего пищу и другие продукты обихода. Сравнительно недавно добыча полезных ископаемых сначала робко, а затем все более уверенно переместилась в океан. Вспомним целый город Нефтяные Камни, отвоевавший у Каспия не одну тысячу квадратных метров.

Хронологически непромышленная подводная роботология даже опережает промышленную. Взять хотя бы первые

манипуляторы, предназначенные для подводных работ на глубине, где пребывание человека обходится во много раз дороже, чем любая хитроумная автоматизация. Сейчас потомки этих роботов-первопроходцев активно осваивают "голубой космос".

Робот для подводной добычи нефти с глубин до 600 метров испытан французской компанией "Эльф-Аквитэн". Хотя основные машины и агрегаты при разработке нефти в море находятся над водой, на платформе для бурения, и под водой хватает работы. Между тем водолазы с трудом справляются со сложными монтажными и ремонтными работами на глубинах более трехсот метров. Заменить их и должен робот, который будет действовать на месторождении нефти у берегов Габона. Масса робота, который получил название ТИМ, 12 тонн, он снабжен двумя руками с усилием по сто килограммов и подъемной стрелой с грузоподъемностью полторы тонны.

В США сконструирован робот-водолаз, очищающий днища судов. Повинуясь программе, робот, снабженный воздушными двигателями и магнитными гусеницами, ползает по днищу судна и скребет его вращающейся щеткой. Экономия явная. Не нужно ставить судно в док, не потребуется бригада водолазов.

Сейчас более двадцати разновидностей роботов-подводников ведут научные исследования дна морей и океанов.

Из недр космоса "голубого" роботы "нырнули" в космос межпланетный, ведь условия там поистине космические: космический холод, космический вакуум, космическое излучение.

Есть ли жизнь на других планетах? Одиноки ли мы во вселенной? Ответ на эти вопросы предстоит впервые получить не человеку, а роботу. Великая честь представлять нашу планету на космической встрече "в верхах" принадлежит потомкам автоматических промышленных манипуляторов космическим киберам. Жители других планет впервые увидят роботов как наших полномочных посланников. И по их образу и подобию будут судить о нас. Представляете, какая ответственность!

Самым ярким примером прорыва робототехники в космические сферы является выдающаяся победа в освоении межпланетного пространства советскими станциями "Венера-13" и "Венера-14". Эти межпланетные роботы проникли туда, куда прежде проникало лишь воображение человека. И это не прогнозы и не фантастика, а впечатляющая реальность сегодняшнего дня.

Путь "Венеры-13" был долгим и сложным - дорогу длиной в триста с лишним миллионов километров станция преодолела за четыре земных месяца, дважды по командам с Земли корректировалась ее орбита, чтобы обеспечить встречу станции с

планетой.

Задача осложнялась тем, что спускаемый аппарат решено было посадить именно на освещенной стороне планеты, так, чтобы высота Солнца над местным горизонтом была не меньше 70-80 градусов. Этим обеспечивались наилучшие условия для телефотометра - "глаза" спускаемого аппарата. Но при соблюдении таких жестких условий посадки наземные пункты не могли вести прямое управление полетом спускаемого аппарата. Надежда была на автоматику, и она "нашла выход из положения" - за двое суток до подлета к планете спускаемый аппарат автоматически отделился от орбитального отсека и продолжал двигаться по траектории, которая привела его прямо в атмосферу Венеры в заданном районе. Орбитальный же отсек был автоматически переведен на такую орбиту, что, пролетая мимо планеты, он одновременно "видел" и Землю, и спускаемый аппарат, выполняя роль ретранслятора-"связника" между ними.

Раскаленный шар спускаемого аппарата, приближаясь к поверхности Венеры, постепенно усмиряет свой бег. Вот сброшена сферическая теплозащитная оболочка, посадочный аппарат повисает на парашюте, вот сброшен и он... На экранах Центра управления полетом вспыхивают первые результаты измерений: температура, давление, высота... И вот в зале раздаются дружные аплодисменты - на экране появляются уже чем-то знакомые, но все-таки новые камни Венеры.

Не скоро еще человек сам полетит на Венеру - очень уж негостеприимна эта небесная красавица. Но он поставил себе на службу верных помощников в освоении вселенной - автоматических космических роботов.

И сейчас ученые ждут от посланцев Земли новых успех~"в. Вращаются вокруг Венеры новые роботы - "Венера-15" и "Венера-16". Счастливой работы вам, космические коллеги.

Да, слово "Земля" недаром вызывает у нас, современников космической эры, ассоциации с голубым шаР"ком, так прекрасно выглядящим из космоса. Однако эта ассоциация свойственна лишь последним десятилетиям, до начала космической эры "Земля" означала всего лишь землю, то есть почву и грунт, поле, пашню и ниву. Роботология наших дней, несмотря на всю "занятость" высокими проблемами космоса, нет-нет да и посмотрит "себе под ноги" на землю.

Вот несколько фактов. На Украине уже прошел испытания автоматический свеклоуборочный комбайн.

Агрегат уверенно двигается вдоль грядок, хотя его ведет не человек, а робот - специальная следящая система. Аналогичная машина создана для уборки хлопчатника. Уже работают

полностью автоматизированные теплицы и системы орошения, включающие климатроны - установки искусственного климата в зависимости от погодных условий.

Появился и робот-колхозник, хотя телосложением он совершенно непохож на человека и с виду кажется неказистым и неуклюжим, но впечатление это обманчиво.

В отделе робототехники Московского института инженеров сельскохозяйственного производства по инициативе члена-корреспондента ВАСХНИЛ, заместителя министра сельского хозяйства СССР Б. Рунова для него выбрали профессию животновода. А чтобы ею овладеть, нужны мобильному автономному роботу немалая сноровка и ловкость.

Именно на эти качества первенца животноводческой робототехники особенно обращал внимание начальник отдела В. Васянин. Трудно представить, как, например, станет какой-то металлический шкаф ухаживать за живой коровой. Все-таки ферма не цех, где роботу достаточно выполнять заданный набор механических движений. Тут будут рядом с ним беспокойные животные со своим нравом, привычками, капризами. Чтобы к ним приноровиться, нужна еще и элементарная сообразительность, а у созданного первенца-робота даже головы нет. На месте ее в верхней части "шкафа" поблескивают линзы телеобъективов.

Переключены клавиши на пульте управления - робот оживает. Сигнал "действовать" он получает от мини-компьютера, скрытого в его механическом корпусе.

Вот он бойко покатился по комнате. Хоть всех присутствующих при демонстрации и предупредили, что он никогда не заденет живое существо, человек невольно отступает в сторону, когда мимо проезжает металлический корпус 185-сантиметрового роста. Робот быстро и аккуратно объехал столы, стулья. Целенаправленно устремился в угол комнаты, где стояло ведро. Резиновые пальцы подцепили ведро за край, другая рука опустилась на дно, к тряпке. Взаправду должен бы он вымыть стены каустиком - ведь именно им дезинфицируют фермы. Пока же обходится он обычной водой. Похожие на щупальца руки плавно, быстро, круговыми движениями моют стены. Скованности в действиях машины не чувствуется. У каждой руки восемь степеней свободы. А проще - поворачиваются и сгибаются в любую сторону. Двигается вокруг своей оси и верхняя часть "тела".

Такая мобильность позволяет роботу выполнять все обязанности скотника. Он умеет накормить животное, проверить, все ли животные здоровы, может следить за температурой и влажностью воздуха на ферме, взвешивать, маркировать свиней

или коров, переводить их в другое помещение.

Чтобы робот смог это сделать, для него пришлось разработать подсистемы распознавания образов, множество сенсорных органов, гибкую память и многое другое. Кстати, конструкторы применили впервые для памяти видеомагнитофонную ленту, благодаря чему робот научился сличать образы разных животных и даже одних и тех же, но в разные периоды роста.

Конструкторам пришлось немало сил отдать сельскохозяйственной подготовке, изучить нрав животных, их физиологию и биомеханику. Они с секундомером следили за скоростью передвижения свиньи и коровы, узнавали, как далеко они могут отставлять ногу вперед и в сторону, определяли, с какой силой нужно брать в руки поросенка или теленка, чтобы не повредить ему.

Но вот он появился на свет. И начались новые проблемы: оказалось, все предусмотреть заранее просто невозможно. В первый же "выход в свет" на объектив телекамеры - глаз робота - села муха, и он ослеп.

Пришлось делать устройство, имитирующее действие человеческого века.

Когда робота впервые ввели в загон к свиньям, они отъели у него резиновые части кистей рук. Видимо, животных чем-то привлек их запах. Значит, следовало придумать что-то, что заменило бы роботу железы, выделяющие защитный аромат.

А как должен вести себя робот в конфликтной ситуации, например, когда дерутся быки?

"Что вы делаете в это время?" - спрашивали инженеры у опытных животноводов.

"Убегаем", - полушутя отвечали те.

Робот не должен знать страха. И его создатели стали искать аналог поведения человека в сходной ситуации. Кто-то вспомнил, как в деревне задир-собак разливают холодной водой. Роботу вручили в руки брандспойт. Ледяная струя успокоит разгоряченных животных.

Разработаны принципы построения роботов и робототехнических комплексов для разных отраслей сельского хозяйства: растениеводства, хлопководства, овощеводства в закрытом и открытом грунте и других. Есть проекты роботов для технического обслуживания и малого ремонта автотракторной техники, например проект робота-заправщика. Двадцать четыре модификации спроектированной в отделе техники позволили бы заменить весь парк машин и механизмов, который сейчас занят в сельском хозяйстве страны.

Однако, чтобы робот-животновод стал реальностью, необходимо не только изготовителям, но и потребителям быть заинтересованными в его внедрении. Готовы ли колхозы дать такому роботу посильную работу? Где его следует применить в первую очередь?

Вот что думает по этому поводу председатель одного из передовых в Волынской области колхоза "Имени XXVI съезда КПСС" Е. Вощук. "Внедряя роботов, следует прежде всего думать о людях. В сельскохозяйственном производстве еще много не только тяжелой, но и вредной и даже опасной работы. Это - уборка навоза, работа с химическими удобрениями и гербицидами.

Вот куда бы в первую очередь направить такую технику. Примем ее с распростертыми объятиями".

Ведутся разработки сельскохозяйственных роботов и компьютеризованных киберов и за рубежом.

Одна английская фирма начала производить пугалароботы. Они не только непрерывно издают различные пронзительные звуки, но и излучают ночью разноцветный свет. Однако самое главное их достоинство в том, что они умеют ходить - перемещаются по полю или огороду согласно определенному маршруту. Будем надеяться, что такая борьба с пернатыми вредителями эффективнее, чем традиционные пугала, к которым птицы быстро привыкают и перестают их бояться.

Австралийские инженеры заняты в настоящее время проблемой создания автоматических устройств - роботов для стрижки овец. Управление роботами производится ЭВМ. Уже созданы первые приспособления этого типа.

Специалисты стремятся выявить наиболее эффективные положения овцы по отношению к роботу-стригалю, способствующие сокращению времени стрижки до минимума. Пока скорость стрижки овец с помощью автоматов не превышает тридцати сантиметров в секунду, но ученые надеются довести эту скорость до одного метра в секунду, что позволит состригать девятнадцать килограммов шерсти в минуту. При такой скорости робот должен "видеть", что находится на пути движения его режущего инструмента. Поэтому инженеры Аделаидского университета сейчас исследуют методы ультразвукового обнаружения сосков и рогов животного, прежде чем к ним приблизится рабочий инструмент. Необходимо также создание системы точных датчиков для предотвращения порезов овец, которая обеспечила бы перемещение инструмента на расстоянии нескольких миллиметров над поверхностью кожи.

Одна австралийская фирма создает сейчас

экспериментальную модель робота-стригаля на основе известного автоматического манипулятора ПУМА. Иммобилизацию овец, то есть сохранение их неподвижного состояния во время стрижки, специалисты этой фирмы предлагают производить электрическим током. Однако при этом требуется специальное оборудование для постоянного контроля за состоянием животных, так как применяемый для этой цели пульсирующий ток может вызвать остановку дыхания.

РОБОТЫ У НАС ДОМА

Робот промышленный и робот непромышленный призваны заменить человека там, где ему трудно, вредно, опасно. Тогда какое отношение имеют роботы к нашему дому? Разве дома вредно? Разве опасно? Разве трудно? Мы возвращаемся домой после работы, приходим туда отдохнуть, заняться любимым делом, пообщаться со своими близкими. Зачем нам тут робот? Рассуждающий так никогда, вероятно, не сталкивался с домашним хозяйством, скорее всего это мужчина или юноша, живущий по весьма удобному принципу разделения труда. Мужские занятия - привык думать он - ходить на работу (на охоту, за добычей), женские - сидеть дома (хранить домашний уют, поддерживать огонь в очаге).

Однако стоит вспомнить, что большинство современных женщин тоже работают, как эти "вековые" аргументы рассыпаются как карточный домик. Чисто женские занятия - это и "ходить на работу", и "поддерживать огонь в очаге", и "воспитывать детей", и, самое важное, "оставаться женщиной" привлекательной и нежной.

Заглянем в глубь домашней технологии. Сейчас в быту используется масса всевозможных приборов, упрощающих домашний труд: стиральная машина (полуавтомат или автомат), электромясорубка или кухонный комбайн, соковыжималка, кофемолка, кофеварка, картофелечистка, хлеборезка, тостер, печь "Электроника", холодильник, электрокамин, пылесос, посудомоечная машина и многое другое. Облегчают ли эти устройства труд женщины? Безусловно, облегчают! Легко ли сейчас женщине в домашнем хозяйстве? Нет! Может быть, даже еще труднее.

Ситуация у нас дома в некотором смысле моделирует ситуацию в промышленности. Действительно, имеются довольно совершенные автоматы, кухонные комбайны (своеобразные обрабатывающие центры), но загружать и выгружать, ставить, вынимать и вставлять, расставлять и развешивать должна женщина.

Если теперь ответ на вопрос, зачем нужен домашний робот, еще не созрел в мозгу читателя, то мы напрасно вели наш рассказ

о поколениях роботов.

Президент компании "Юнимейшн", ведущей производство промышленных роботов, Дж. Энгельбергер обещает, что уже в 1985 году специалисты его фирмы выпустят на рынок робота-слугу. Его уже окрестили Айзеком в честь А. Азимова, писателя - фантаста и популяризатора науки. Что будет делать этот робот?

Например, повинуясь устным командам, подойдет к буфетной стойке, возьмет своими длинными механическими пальцами кофейник и поставит его на плиту.

Достанет с полки и поставит на стол тонкую фарфоровую посуду, поставит молоко и сахар, после чего, заварив кофе, голосом или специальным музыкальным сигналом возвестит о начале ужина. Это, конечно, будет впечатляющее зрелище, и ваши гости будут иметь тему для разговора за едой. Такой робот-слуга будет способен не только накрыть на стол и убрать с него, но и помыть посуду, приготовить постель, открыть окно, произвести в квартире уборку (от стирания пыли до чистки ванны и раковины), может стирать, сушить, гладить белье, чистить овощи.

А вот и воплощенные замыслы. На фотографии, помещенной в колумбийском журнале "Кромос", робот "Эро" выгуливает собаку. Внешне этот робот выглядит как невысокий пуфик на маленьких колесиках, сбоку которого манипулирует небольшая, около полуметра, рука. Собака, по-видимому, совершенно безразлична к своему кибернетическому "двойнику", который крепко держит поводок в руке. Еще этот небольшой помощник может убирать постель, вызывать полицию, накрывать на стол, мыть стены, содержать в порядке библиотеку.

Причем память робота настолько совершенна, что он выполняет все это с безукоризненной точностью. Программа всех необходимых операций и детальный план комнат закладывается в компьютер, установленный в- корпусе робота.

Выпущенный в США домашний робот "Комро-1" - еще один довод в пользу того, что мечты фантастов начинают сбываться. Он может открывать и закрывать двери, подавать гостям напитки, выносить мусор, прогуливать собаку, развлекать своих хозяев радио- и телевизионными программами.

Конструкторы утверждают, что, хотя многим новое изделие кажется игрушкой, на самом деле оно открывает новый этап на пути полной автоматизации домашнего хозяйства. Единственная рука механического слуги обладает несколькими степенями свободы и легко манипулирует даже мелкими предметами. На случай непредвиденного столкновения с мебелью и стенами имеется специальная система защиты. Управляется робот дистанционно, а при надобности программируется.

Но, как бы то ни было, факт остается фактом: первый серийно выпускаемый робот стучится в дверь в прямом и переносном смысле.

Нельзя не отметить, что собратья этих механических домработников уже освоили несколько чисто человеческих профессий. Японские инженеры, например, сконструировали робота для изготовления национального японского блюда "суси" - специально обработанных рисовых колобков с кусочком рыбы, осьминога, морскими водорослями. Ресторан-робот открылся жв японском городе Мацудо, чьи повара славятся искусством приготовления традиционного "суси". Посетителям предлагают отметить электронным "карандашом" название понравившегося блюда на экране специального телевизора, вделаннного в столик. Через некоторое время манипуляторы механического официанта ставят перед клиентом заказанное "суси". Одновременно на экране появляется его цена. Все операции в таком ресторане контролирует мини-ЭВМ.

Издавна музыканты, играющие в оркестре, сталкиваются, казалось бы, с простой, но трудноразрешимой проблемой: как переворачивать страницы нот, не прекращая игры. Своеобразное решение этой каверзной проблемы на самом современном уровне предложила группа швейцарских изобретателей. Они создали для этой цели маленький робот, который выполняет роль третьей руки музыканта и по его приказу переворачивает страницу - необходимо лишь нажать ногой педаль.

Японская фирма "Токио кэки" сконструировала робот, играющий на пианино. В отличие от магнитофонной звукозаписи робот-пианист создает музыкальный эффект присутствия играющего мастера. Достигается это с помощью мини-ЭВМ, которая управляет электрогидравлической приводной системой робота, воздействующей на клавиши и педали пианино.

Впрочем, совсем не обязательно роботу нажимать клавиши, можно сделать это изнутри, "из пианино".

"Самые лучшие пианисты мира готовы прийти к вам домой и играть только для вас! После 15-летних экспериментов нам удалось преобразовать механическое пианино, изобретенное в 1904 году, в электронное!" Так разрекламировала свои поиски фирма "Марантц" (ФРГ).

Механическое пианино сейчас можно увидеть, пожалуй, только в музее. Управлялось оно с помощью бумажной перфоленты. Каждое отверстие служило приказом для нажатия той или иной клавиши. Хотя исполнение было несколько жестковатым и ему порой недоставало эмоциональной окраски и душевности, тем не менее механические пианино пользовались

большой популярностью - до 1903 года их было выпущено пять миллионов.

Фирма "Марантц" утверждает, что ее электронное устройство можно поставить на пианино любого типа, причем это не помешает обычной ручной игре. В чем же суть новшества? Кассета с магнитной записью исполнения какого-либо произведения музыкантом устанавливается в воспроизводящий аппарат, внешне напоминающий обычный магнитофон. Благодаря тому что сама запись (в цифровом виде) делалась на подобном инструменте, она содержит подробные данные о всех параметрах игры - скорости, силе удара, отрезках времени вплоть до тысячных долей секунды, работе педалей и так далее. Компактная вычислительная система переводит эту информацию в сигналы для точно действующих реле, связанных с механизмом инструмента, и они в нужное время нажимают на нужную клавишу. Несколько выдающихся музыкантов уже подтвердили, что компьютерная репродукция неотличима от реального "живого" исполнения.

Уже выпущено в продажу свыше десяти тысяч кассет всех музыкальных жанров, начиная от концертов знаменитых пианистов и кончая легкой музыкой "под настроение". Особенно широкие возможности открываются перед "электронным" пианино в музыкальных и театральных школах и балетных студиях.

Японские инженеры фирмы "Ямаха Ко" пошли дальше. Они сконструировали робот в помощь композиторам. Это автоматический нотописец. Он фиксирует на нотной бумаге все, что проиграл музыкант на инструменте. Микрокомпьютер преобразует звуки инструмента в электроимпульсы, подаваемые на специальную пишущую машинку, которая печатает нужный ключ, тактовые черточки, диезы, бемоли, указывает ритм и запечатлевает аккорды и мелодии. Автоматика позволяет переходить на запись с различных инструментов, от пианино до гитары и виолончели.

Раз уж роботы освоили сферу искусства музыки, то почему бы им не попробовать себя и в изобразительном искусстве?

Известно, что существуют роботы, "умеющие" рисовать. В Англии, пишет газета "Санди тайме", сейчас идет подготовка программ для кибернетического роботаскульптора, работающего по мрамору.

Американские инженеры сконструировали робота, который по снимкам "вылепливает" скульптуры. Лицо человека фотографируют восемь аппаратов, затем его "объемное" изображение переводится в сигналы, по которым машина делает скульптурный портрет - сначала из мягкого, потом из твердого

материала.

Эти роботы-творцы перешагнули уже известную грань между первым и вторым поколением. Их интеллект и чувствительный аппарат достигли высокого совершенства. Еще более интеллектуален домашний робот-шахматист. Он не только легко обыгрывает среднего шахматиста-любителя, но и сам передвигает фигуры на доске миниатюрной механической рукой - манипулятором.

Какие только функции не выполняет сегодня многочисленная команда бытовых роботов! Но вот эта конструкция фирмы "Дайнити Кико" (Япония), пожалуй, одна из самых необычных. Дело в том, что новое устройство призвано восполнить дефицит... больничных сиделок. Сегодня мало кто соглашается за небольшую плату ухаживать за лежачими больными. "Железная нянька" умеет распознавать приказания, отданные голосом, подает воду и точно по расписанию - лекарства Управление роботом осуществляется с помощью ЭВМ. Пока еще цена его великовата - опытный экземпляр обошелся в девятнадцать тысяч долларов, - но фирма надеется, что в будущем затраты на производство таких механизмов удастся свести к минимуму.

В Бостонской больнице робот ведет прием больных, выясняет их недуги и составляет подробную историю болезни, более подробную и систематизированную, чем это делают врачи, обычно сокращающие записи из-за недостатка времени.

В штате пожарного департамента города Иокогама в Японии числится робот, который может самостоятельно передвигаться в пламени и ядовитом дыму и, орудуя руками-захватами, тушить огонь. В случае пожара он устремляется в самые опасные места и, не щадя себя, борется с огнем.

В западногерманской полиции "служит" робот. Он умеет подниматься на гусеничном ходу по лестнице, отпирать двери, вскрывать упаковки. Благодаря дистанционному управлению, телекамере и "водяному ружью" успешно обезвреживает установленные взрывные устройства.

225-килограммовый курьер-робот питается от батарей и бесшумно катит на резиновых колесах по коридорам громадного здания почтамта вдоль проложенных под линолеумом пола проводов низкочастотного излучения. Робот останавливается по световому сигналу ила же в заданном месте, получая и сдавая корреспонденцию. Если на его пути встречается препятствие, он ждет, потом сигналит и начинает двигаться только после того, как освободится дорога.

У бытовых роботов блестящие перспективы. Весьма перспективно их использование в плане автоматизации и

механизации сферы торговли: можно предполагать применение роботов для доставки товаров, а также доставки на рабочие места горячего чая, питьевой воды и т. д.

В отелях целесообразно использование роботов в качестве барменов, кельнеров, посыльных и другого обслуживающего персонала. Перспективно также обслуживание в парках и других местах массового отдыха.

Возможно использование роботов по проверке билетов, по уборке территории, при размене денег и т. д. и т. п.

Каждый из нас, просматривая периодическую прессу, сможет пополнить коллекцию таких, пока еще курьезных, сообщений. Вот один из таких курьезов: роботконь. Наездник, как обычно, седлает коня, но, вместо того чтобы пришпорить его, нажимает кнопки. Копь легко "встряхивается" и пускается по дорожке ипподрома. Речь идет о тренажере, созданном группой японских инженеров. Они сконструировали электрическую лошадь, которая способна развивать скорость до 20 километров в час. Управляется робот с помощью кнопок, вмонтированных в его "шею". Нажимая их, спортсмен может моделировать самые сложные ситуации, которые могут произойти, если он оседлает уже настоящего коня.

РОБОТ: ЧИТАЮ И МОГУ ИЗЪЯСНЯТЬСЯ

Постоянно "общаясь" с человеком, робот вынужден научиться понимать человеческий язык, реагировать на команды, задаваемые не только нажатием кнопок, но и команды, отдаваемые голосом. Это куда более "привычное" для человека средство общения и верный путь для расширения популярности роботов. Однако проблема "взаимопонимания" человека и машины куда сложнее, чем трудности общения даже двух людей, говорящих на разных языках. История сохранила немало курьезов подобного "понимания". Так, английский капитан Дж. Кук, вторично "открывший" Австралию, писал в своем дневнике о "странном существе, которое скачет на задних лапах, как прыгающая мышь". Когда Дж. Кук справлялся о нем у местных жителей, туземцы отвечали одним словом "кенгуру". Современные языковеды установили, что на языке туземцев "кенгуру" означает всего лишь "я тебя не понимаю"! А ведь язык человека и язык компьютера разнятся буквально как "лед и пламень".

Надо сказать, что человеческий язык уже давно "волновал" умы машин. Приборы, читающие печатный текст и являющиеся, как правило, частями других, более сложных устройств, уже перестали быть технической новинкой. Достаточно вспомнить почтовые автоматы, сортирующие корреспонденцию в зависимости от шестизначного почтового индекса. Однако такие

примитивные устройства способны "понимать" лишь сильно стилизованный текст, написанный по заданному трафарету. А как же простой печатный шрифт? Неужели нужно специально переписывать для робота миллионы человеческих книг?

Вот последнее достижение в этой области - читающий компьютер третьего поколения. Он "умнее" своих предшественников - читает тексты, отпечатанные шрифтами двадцати пяти различных видов. "Тренировочная фаза" в течение 15-20 минут позволяет прибору переходить на другой вид шрифта. Машина работает по принципу "оптического ощупывания" со скоростью 20-30 печатных знаков в секунду. Существуют и разработки, нацеленные на распознавание рукописного текста.

Однако проблема восприятия информации "с голоса" гораздо сложнее. Печатный текст формируется из четких знаков - букв, живая речь из атомов речи - звуков или, как их называют специалисты, - фонем (отсюда "фонетика" - наука о правильном произношении). Как объект физического анализа каждый звук речи отличается от другого и частотой, и продолжительностью, и интенсивностью. Кроме того, в речи нет четких границ между звуками, как между буквами в тексте, и это сильно затрудняет распознавание по сравнению с любым печатным текстом. Одни специалисты пытаются распознавать речь по частотным характеристикам, присущим звучанию каждой буквы (заметим, что в некоторых буквах несколько фонем). Другие - по группе фонем, составляющих слог, так как распознавание многих фонем вне контекста очень трудно.

Для того чтобы понять, сколь сложна проблема звукового распознавания человеческой речи, уместно привести такой почти анекдотический пример. В одном научно-исследовательском институте, расположенном на Кавказе, была построена кибернетическая черепаха, которая выполняла фиксированный набор команд, подаваемых голосом. На торжественную демонстрацию съехались гости. Черепаха была послушна своим создателям, но "принципиально" отказалась слушаться гостей. Как выяснилось в результате пристрастного разбирательства, гостям она не повиновалась по одной простой причине... команды нужно было произносить с "кавказским акцентом". То, что мы называем кавказским акцентом, всего лишь связано с повышенным участием в произношении некоторых звуков гортани.

Проблема машинного слуха настолько сложна, что не имеет имитационных аналогов механического моделирования в глубинах истории. Анналы техники не сохранили нам

достоверных сведений о слушающих андроидах. То ли слуховой аппарат человека оказался слишком замысловатым для чисто механического подражания, то ли роль мозга оказалась слишком велика в слуховом процессе, по крайней мере, проблема машинного слуха так же, как и зрения, стала актуальной лишь на электронном уровне. К сожалению, известный нам микрофон еще меньше напоминает человеческое ухо, чем телекамера человеческий глаз.

Имевшиеся в распоряжении ученых ЭВМ поначалу с трудом справлялись с предлагаемым им объемом "распознавательных" работ. Они реагировали далеко не на каждый голос, а лишь на тот, на который они настроены заранее. К тому же у них был ограниченный словарный запас.

Загвоздка состоит в следующем: число возможных вариантов спектра фонем, учитывая словарное богатство каждого языка, выражается астрономической величиной, и это не считая того, что спектры даже одинаковых слов разнятся в зависимости от индивидуума, их произносящего. Более того, даже один и тот же человек в течение одной недели, даже нескольких часов будет произносить одни и те же слова совершенно по-разному.

Первые акустические системы безошибочно распознавали лишь отдельно сказанные буквы алфавита, следующие - отдельные слова команд, четко произнесенные в микрофон. Однако понимающий робот "слушался" лишь голоса своего "хозяина" и делал это очень хорошо. Во время работы он самостоятельно приспосабливался к "постоянно меняющейся языковой манере человека". Другим людям, которые вступали в контакт с роботом и произносили в микрофон буквы или цифры, удавалось его "обмануть". Но это бывало лишь тогда, когда голос говорящего напоминал голос "хозяина". Конечно, "привыкание" машины к другим голосам не связано с какими-то непреодолимыми трудностями, просто компьютер вырабатывает "модель голоса данного индивидуума". Для этого необходимо ввести в память ряд звуковых проб со словами, которые машина должна понимать.

Можно не сомневаться, что в будущем понимающие наш язык аппараты, если мы хотим, чтобы они утвердились в производстве и быту, должны обладать такой степенью приспособляемости, чтобы узнавать голоса любых людей и выполнять любые команды.

В настоящее время уже нашли применение около пятисот систем распознавания речи. Они используются при контроле качества продукции на конвейерах, при управлении станками, сортировке товаров и багажа в аэропортах, с целью включения электроприборов, вызова врача или медсестры, в системах

программированного обучения, опознавания личности и т. д. и т. п.

Имеются практические примеры применения понимающих речь роботов и в непромышленной сфере.

Системы, распознающие печатный текст, уже не новость. Но вот эта особенная. Сконструированы роботы, которые работают в паре - один переворачивает страницы текста, а другой... читает слова приятным женским голосом. Точность распознавания 99,5 процента. Эти роботы могут излагать последние известия по радио и отвечать на вопросы по телефону. Конструкторы создали механического чтеца вовсе не для рекламы, ему уже уготовано рабочее место - он будет служить в автоматизированной телефонной справочной службе.

Конечно, можно и специально ввести в компьютер всю необходимую справочную информацию; но зачем делать еще раз то, что уже однажды сделано, ведь телефонные книги и справочники уже отпечатаны, они и в будущем будут переиздаваться и корректироваться, ими будут пользоваться люди... а теперь еще и роботы.

Да! Общение с человеком пошло роботу на пользу, он получил еще одну чисто человеческую привилегию - заговорил. Таким образом, к привычным механическим эффекторам робота добавилось еще одно немаловажное устройство - синтезатор речи.

Машина, которая "говорит", не такая уж новинка, к примеру обыкновенный магнитофон. Однако он, к сожалению, "говорит" только то, что записано на пленку, то, что заранее "наговорил" ему человек. С подобной говорящей машиной можно легко "побеседовать", достаточно лишь набрать номер московских "говорящих часов" 100.

А что, если наговорить кучу самых разных слов и поручить компьютеру находить и воспроизводить нужные слова в нужной последовательности в процессе разговора? Получится ли правильная человеческая речь?

Вряд ли. Ведь одно и то же слово участвует в предложениях разного типа с десятком интонаций, сотнями вариантов произношения. Чтобы такая речь мало-мальски "ласкала слух", потребуется слишком большая куча вариантов произнесения слов и, следовательно, слишком длительный поиск нужного варианта. Все это окажется слишком дорого. Хорошо бы, задумались конструкторы, создать машину, которая бы не воспроизводила заранее записанные фрагменты, а говорила сама, то есть синтезировала речь, подобно человеку.

Историю говорящих машин следовало бы начать с глубины веков. Самые первые были тщательными моделями человеческого

речевого аппарата. Кузнечный мех вдувал мощную струю воздуха в кожаную гортань, язычки и резонаторы, управляемые набором рычагов, вибрировали, и машина "говорила". Достоверно известна одна из конструкций такого типа, построенная В. фон Кемпелиа в конце XVIII века. Она неплохо имитировала человеческую речь, хотя не совсем правильно произносила некоторые звуки. В 1920 году Р. Пэджет демонстрировал акустическую модель речевого аппарата, которая удивляла слушателей целыми фразами, например: "О Лейла, я люблю вас!" или: "Алло, Лондон, Вы слушаете?" Изобретатель, манипулируя руками, очень искусно изменял форму резонирующей полости механической гортани - и одна фраза менялась на другую.

Как это неоднократно происходило в истории техники, механический принцип копирования благополучно завершил серию тщетных потуг и новая фаворитка человечества - электроника прочно уселась на его место.

Исследованиями было установлено, что подавляющая часть "звуковой энергии" человеческой речи сосредоточена в пяти типовых областях частот: от 200 до 3500 герц. Эта шкала разбивается на пять фонем, каждая из которых генерируется своей специально настроенной звуковой схемой. Управление частотой и амплитудой каждой схемы, а также очередностью их срабатывания поручается компьютеру. В результате определенных последовательностей включения генерирующих схем и возникают необходимые звуки "человеческого голоса".

Однако качество работы машины, полностью синтезирующей речь, в большой степени зависит от того, насколько удачно удается электронная имитация смеси переходных шумов между отдельными звуками, поскольку эти шумы играют определяющую роль для понимания языка вообще и, следовательно, искусственного языка в частности. Еще более усложняет все дело то, что они бывают чрезвычайно разнообразными, зависят от того, в какой последовательности произносятся гласные и согласные, от скорости и громкости произнесения слов и т. д. и т. п.

Еще недавно как великую экзотику демонстрировали кибернетики системы, полностью синтезирующие человеческую речь, а уже поступают сообщения о серийном выпуске говорящих часов, фотокамер и светофоров.

Это следствие появления на рынке близкого родственника современного микропроцессора - который назван voiceprocessor (от английского слова "voice" - голос).

Что-то вроде "процессор для синтеза голоса" или "голосистый процессор". Такое устройство программируется как обычный компьютер и может синтезировать электронную копию волнового

спектра, возникающего при произнесении слов. Этим машина похожа на читающего, который, правда, не имеет понятия о смысле прочитанного.

Лингвистические способности роботов не только "оживили" безгласные вещи, но и помогают человеку в его "разговорной деятельности"; например, созданы карманные компьютеры, используемые в качестве помощников при переводе, которые "выговаривают" отдельные слова с правильным произношением на нужном языке; или целые роботы-переводчики, которые могут осуществлять перевод международных разговоров несложного бытового содержания. Такова, например, система перевода английский - японский. Память робота содержит около восьми тысяч фонем слов, четыреста идиом, примерно тысячу грамматических правил обоих языков. Она почти не отличается от аналогичных интеллектуальных переводчиков. Шагом вперед явилось ее объединение с распознавателем и синтезатором речи.

Одна из фирм в ФРГ, занимающаяся выполнением заказов по пересылке, давно использует в своей деятельности компьютер, который отвечает на звонок человеческим голосом, робот подтверждает получение заказа или же сообщает о невозможности его выполнения, закончив разговор, говорит "спасибо" и "до свидания".

Хорошо трудится вот уже почти два года "Карлуша" - крупная железнодорожная справочная система: абонент называет вокзал назначения и без промедления получает устную справку о поездах, следующих в данном направлении, времени и вокзалах, в которых можно сделать удобную пересадку.

Постоянно растущий объем информации требует новых путей и методов ведения информационно-справочной работы. Все острее ощущается нехватка людей, времени и средств для компетентных ответов на вопросы из всех областей знания. В будущем тут могут помочь лишь понимающие язык и могущие "изъясняться" роботы, снабженные "банками памяти".

Серьезные усилия, прилагаемые в области создания машин, понимающих человеческую речь и отвечающих людям, наглядно свидетельствуют о том, что речь при этом идет не о каких-то игрушках. Взаимодействие с машиной на языковом уровне позволит людям, не обладающим специальными знаниями, эффективно пользоваться компьютерами и роботами.

МИДИ, МИНИ, МИКРО...

В одном из номеров журнала "Техника - молодежи" была помещена красочная фотография: симпатичная девушка расположилась на удобном коврике 2Х2 метра с пестрым современным рисунком. Подпись под фотографией гласила: "Так

выглядит одна из секций большой интегральной схемы, размер которой в натуре составляет 250 микрон в поперечнике". Пестрота этого коврика объясняется тысячами нитей, квадратиков, прямоугольников, каждый из которых представляет собой транзистор, проводок или другой элемент микромодуля. На таком коврике переплетаются около миллиона электронных компонентов. Это в десять раз больше, чем их было в одном из первых компьютеров ЭНИАК - 30-тонном монстре, который начал работать в 1946 году. Несколько последних десятилетий инженеры практически ежегодно, грубо говоря, удваивали число электронных узлов в одном микрокристалле. При этом - примите как парадокс или как закономерность - с ростом плотности "упаковки" микроэлементов снижается их стоимость и размеры. К 1990 году инженеры намерены разместить в одном модуле 10 миллионов транзисторов. В результате столь потрясающей эволюции интегральные схемы стали сверхнадежными. Достаточно сказать, что ЭВМ на радиолампах такой же сложности вряд ли смогла бы проработать до первого отказа даже несколько секунд. Из-за предельной близости элементов схемы друг к другу электрические сигналы пробегают от одного элемента схемы к другому по таким коротким путям, что это почти не требует затрат электроэнергии и происходит за минимально возможное время. Отсюда качественные шедевры быстродействия и объема памяти. Современный микропроцессор реализует что-то около миллиона операций в секунду, а такого же размера блок памяти хранит около 64 тысяч единиц информации.

На рекламной фотографии изображены рядом два одинаковых по размеру муравья: один из них наш "лесной друг", другой - миниатюрный блок памяти, "вмещающий" толстую телефонную книгу.

Мода на пресловутые мини-юбки давно канула в прошлое, "мода" на мини-компьютеры буквально захлестнула нашу планету. Сейчас в мире эксплуатируется более двух миллионов мини-компьютеров, и их доля в общем объеме ЭВМ, по прогнозам специалистов, будет и дальше увеличиваться примерно на 35 процентов в год.

В Москве, на Ленинском проспекте, где находится фирменный магазин Министерства электронной промышленности "Электроника", можно увидеть не только самую современную магнитофонную, видеомагнитофонную и проигрывающую технику, но и новое чудо - персональную ЭВМ, которую можно приобрести в личное пользование. Большинство ее обладателей так и не ведает, как происходит работа этих ближайших родственников гигантских компьютеров, да и не

нуждается в подобных знаниях.

Эта ЭВМ, снабженная дисплеем и клавиатурой пишущей машинки, пригодна для любых целей. Когда писалась эта книга, домашний компьютер помогал автору ее править, заменяя, вставляя или выкидывая на экране отдельные слова, строчки, абзацы и целые страницы текста, а затем с помощью специальной приставки отпечатал набело отредактированную рукопись. Он также ведал хранением используемых справок и фактов и корректировал правописание слов. Для этих целей он был оснащен специальной программой для обработки словесных текстов.

Брезжит на горизонте еще один "сладкий плод" антропоморфного электронного моделирования - фонетическая пишущая машинка, которая печатает произносимый текст с голоса со скоростью, превышающей возможность нормального его произнесения. Несколько моделей таких машинок уже сконструировал научный сотрудник Женевского университета Д. Граф. В таком устройстве голос человека, воспринимаемый микрофоном, преобразуется в электрические колебания соответствующих частот. После усилений речевой сигнал поступает на анализатор - 8 полосовых фильтров от 200 до тысячи герц, а затем на систему детекторов сравнения.

Система детекторов устроена так, что реле, соответствующее данному каналу, срабатывает тогда, когда уровень в нем больше среднего уровня в двух соседних каналах.

Когда система узнала произнесенный слог, включается блок, управляющий работой буквопечатающего устройства. Этот блок, пожалуй, самая хитрая часть фонетической пишущей машинки. Именно он заведует орфографией, то есть тем, чтобы слова были напечатаны не так, как они произнесены, а так, как они пишутся по законам конкретного языка. Интересно отметить, что печатная форма русских слов отличается от фонетической значительно меньше, чем, скажем, английских или французских. Это облегчает работу советских ученых, работающих над этой проблемой, и достигнутые успехи вселяют уверенность, что в ближайшее время появятся промышленные образцы компьютерных роботов-машинисток.

Еще одна мощная новинка компьютеризации - информационный робот, так называемая электронная домашняя газета. Зачем печатать газету, "портить" бумагу, если через день, буквально через несколько часов она станет "вчерашней". Телегазета - вот вечно динамичный и экономный вид издания, она существует всего в одном экземпляре и в то же время "издается" миллионным тиражом. Подобная система позволяет

отображать на экранах телевизоров не только новости, но и тексты с разнообразной справочной информацией, с расписанием движения транспорта, сведения о репертуаре театров и кино, сводки погоды и т. п.

Футурологи утверждали, что телевизионные информационные газеты и справочники появятся после 1985 года. Однако болгарская электронная промышленность опередила все сроки. Уже действует экспериментальная система "Булгекст", которая способна по заказу из дома выносить на экран обычного телевизора 999 страниц справочного текста с иллюстрациями. Достаточно нажать клавишу приставки - и вы получаете возможность увидеть страницу вечерней газеты еще до того, как вам ее принесет почтальон. При этом не требуется ни мощных печатных машин, ни одного загубленного на бумагу деревца. Кроме того, в любое время дня вы узнаете погоду, расписание вылета самолетов, репертуар театров, результаты спортивных матчей. Можно еще проверить лотерейные билеты, заказать библиографические справки по новинкам литературы, "полистать" медицинские и технические справочники, словом, получить массу полезной информации.

Передачи ведутся из специальной студии, оборудованной ЭВМ с блоком памяти. При этом система "Булгекст" не занимает отдельного канала, домашняя компьютерная приставка позволяет убирать изображение идущей программы и вводить на экран с помощью машинописной клавиатуры текст любого запроса. В недалеком будущем удастся увеличить количество заказываемых страниц до шестнадцати тысяч. Даже энциклопедию можно будет листать, не заходя в библиотеку.

Высказывают мнение, что лет через двадцать значительная часть из нас будет работать на дому, используя компьютеры и вступая в деловые отношения с помощью электронной почты.

Для этого конструкторы разрабатывают экспериментальный телетерминал: комбинацию телефона, компьютерного терминала и телевизора с компактной клавиатурой и экраном. Настольное устройство отыскивает телефонные номера, делает вызовы, посылает и принимает послания и отображает хранящуюся информацию.

Такой робот-телефон в состоянии запомнить имена и фамилии тридцати ваших абонентов, произнесенных вслух громким голосом. Достаточно при этом однажды набрать их номер телефона, чтобы в дальнейшем вызывать нужных собеседников простым произнесением фамилии.

Как полагают специалисты, дистанционные копировальные устройства, до сих пор применявшиеся лишь в таких областях

производства, как автоматизированное проектирование или подготовка управляющих программ для станков с числовым программным управлением, вскоре получат довольно широкое распространение. Мыслится это так. Нуждающиеся в "документированной" связи потребители подключат к своим телефонам копировальные установки. Документ или письмо, которое надо передать, закладывается в установку, после чего по телефону набирается номер адресата. Все остальное делается компьютером автоматически в течение нескольких минут. Документ прочитывается, информация кодируется в цифровой вид и передается на установку адресата, где снова превращается с помощью микропроцессора и чертежного устройства в документ.

Миниатюрная ЭВМ не только уютно расположилась у нас дома, но и "забралась в карман" современного специалиста не в переносном, а в самом прямом смысле. В ближайшем будущем там появится множество разнообразных и очень полезных электронных устройств.

Например, электронная "записная книжка" - миниатюрная комбинация пишущей машинки и компьютера.

В ней есть сорок слов внутренней памяти, по пятнадцать знаков каждое, и память легко можно расширить. Размер ее 30Х5Х0,5 см. Используется это устройство в служебных целях: составление памятных записок, рассылка приглашений, подсчеты, графики, расписание и прочее. Всю информацию можно в любой момент напечатать, подсоединив его к электронной пишущей машинке.

Другое устройство официально называют планирующим компьютером, а неофициально - электронным секретарем. Он "запоминает" тридцать семь сигнальных меток для контроля мероприятий за день: в заданное время раздается звонок, и на небольшом экране появляется сообщение. "Электронный секретарь" позволяет составить себе расписание на три года вперед.

И наконец, электронный переводчик - машинка не больше пачки сигарет. Набираешь слово на клавиатуре, и на зкранчике небольшого дисплея получаешь перевод на любой из десяти языков, да еще со звуковым сопровождением правильного произношения на иностранном языке.

Появился и наручный компьютер. Размером и формой он напоминает часы. Однако... Такую штуковину часами и не назовешь, ведь часы в соответствии со своим этимологическим смыслом должны отмерять часы, минуты, ну, наконец, секунды, и все. Конечно, некоторые показывают и число, и день недели - этим никого не удивишь.

Но вот та японская фирма, которая, выпуская на рынок новый образец товара, уже не захотела называть его часами. "Многоцелевой прибор времени" - глубокомысленно окрестила она его!

Такой "прибор" показывает и фиксирует секунды, минуты, часы, дни недели, число, месяц и даже год.

- Ну, это уж слишком, зачем год-то, ведь забыть его трудно.

Очень просто, если не фиксировать в памяти месяц, то число дней в месяце необходимо "переставлять" самостоятельно 30-31; 28-29. Если фиксировать месяц, то пересчет дней месяца происходит автоматически, за исключением календаря на февраль, ведь один раз в четыре года февраль имеет не 28, а 29 дней. Вот для этого нужно фиксировать год. Итак, пересчет всех параметров времени происходит автоматически, без вмешательства человека.

Кроме указанных функций, такой прибор имеет будильник - звуковой сигнал, который можно установить на любой час и минуту суток, и он разбудит вас мелодичным "динь-динь" или нежным "бип-бип-бип"... или даже сыграет любимую мелодию. Кроме того, эти "часы" в начале каждого часа легким "динь-динь" сообщают, что еще один час "канул в Лету". Можно зафиксировать и вызвать из памяти "второе время", скажем местное или московское. Кроме того, в часах находится секундомер с точностью до 1/100 секунды. Секундомер имеет специальную кнопку для считывания показаний, при ее нажатии бег цифр останавливается, а сам секундомер в это время работает. Моменты включения и выключения секундомера для самоконтроля сопровождаются звуковым сигналом "бип". Но вот и все, что касается функций времени. Немало, но это, впрочем, типовой набор современных "хороших" часов.

Теперь компьютер. Это обыкновенный калькулятор, он имеет 12 клавиш цифр и 5 клавиш действий +, -, :, X. Производимые операции +, -, :, X высвечиваются на дисплее - экране, где раньше были часы и мипуты. Еще можно использовать компьютер как записную книжку для всяких номеров: телефон, дата и тому подобное. И наконец, эти компьютеро-часы имеют... игру. Игру, в которую можно играть с компьютером (не зачатки ли это интеллектуальности?).

При нажатии на "игровую" клавишу на дисплее начинается бег цифр, цифры эти случайные, и игра состоит в том, чтобы сбить эти цифры до того, как они достигнут противоположного края экранчика часов. Чтобы сбить цифру, нужно набрать аналогичную в специальной позиции того же дисплея. Набор цифр осуществляется путем нажатия на одну из клавиш часов.

Причем, если на экране цифры появляются в случайном порядке, то в специальной позиции цифры появляются только в порядке возрастания: 1, 2, 3, ..., О, и зат м опять, начиная с 1 до 0. В несовпадении этих последовательностей и состоит изюминка игры. Часы играют несколько туров, причем следующий начинается только в том случае, если в предыдущем игрок набрал не менее определенной суммы очков, иначе компьютер сочтет вас слишком слабым игроком и не станет больше тратить на вас свой интеллект.

Если вы шли от тура к туру достойно, не набрав ни одного штрафного очка, - это значит, что вы сбили все цифры, не дав им дойти до противоположного края дисплея, компьютер несколько меняет стратегию игры, цифры теперь идут быстрее, и порядок их запуска становится все "противоположнее" естественному порядку набора: 1, 2, 3, 4... Если и эти трудности вы преодолели, включается третья стратегия игры, при которой цифры появляются уже на позицию ближе к противоположному краю, и возникает еще более хитрая их последовательность. Во время игры компьютер подбадривает правильное нажатие клавиши одобрительным "дзинь", а ошибочный набор печальным "динь", окончание тура и всей игры сопровождается своими особыми сигналами.

Игра сама по себе предназначена для игры, однако применять ее можно для следующих бытовых целей:

- тренировка внимания, реакции, сообразительности;
- сброс напряжения, расслабление, заполнение паузы;
- самооценка-самоконтроль: если игра ведется по постоянной стратегии, то сумма очков, набранная в каждый момент времени, характеризует общее состояние реакции, внимания и сообразительности.

Существуют и другие чудо-часы: с радиоприемником, с телевизионным экраном (сам телеприемник помещается в кармане), часы, выговаривающие время, часы-переводчик со словарем на несколько тысяч слов и таблицей неправильных глаголов.

Все эти роботы-часы уже выпускаются серийно и могут быть приобретены, правда, за сравнительно высокую плату.

Совсем скоро можно будет говорить и о мощной центральной микро-ЭВМ, управляющей всем комплексом ведения домашнего хозяйства - от стирки белья и приготовления пищи до регулирования температуры и влажности воздуха в квартире.

Эти чудеса микроэлектроники не являются фантастикой: вот последние известия с фронта компьютеризации.

Компьютер для домашних работ, который сможет обучать

детей по заданной программе, управлять электроплитой и стиральной машиной, следить за расходом электроэнергии, самостоятельно выписывать счета и делать десятки других домашних работ, - эта мечта скоро станет реальностью для многих болгарских домохозяек. Такой прибор будет производить приборостроительный завод в городе Правец после окончания его реконструкции.

По мере того как БИСы преобразовывают ЭВМ в товары массового потребления, они становятся достаточно простыми, чтобы ими могли пользоваться буквально все!

И сейчас уже нет сомнений, что микропроцессоры и микро-ЭВМ найдут широчайшее применение в быту, а также в автоматизации технологических процессов практически любой отрасли народного хозяйства. Это будет не только управление отдельными станками и роботами, но и целыми производственными комплексами в машиностроении, в обрабатывающих отраслях промышленности. Они примут участие в создании гибких производственных систем. Они облегчат управление не только отдельными тракторами, комбайнами и другими агрегатами, но и целыми комплексами в сельском хозяйстве.

Они освоят диагностику, наблюдение за больными, проведение анализов в медицине или уплотнение каналов связи и ускорение передачи информации в технике связи. Трудно назвать сейчас такую отрасль, где бы микрокомпьютеры не совершили или не совершали революцию.

УМНЫЕ ВЕЩИ

Если бы микропроцессор не сделал ничего более, кроме уменьшения размеров существующих компьютеров, и то он был бы достоин глубокого уважения. Однако микропроцессор сделал больше - он преобразил лицо обычных вещей. Благодаря низкой стоимости стало возможным включить микропроцессор в большинство обычных машин и аппаратов. Любую машину микропроцессор наделил способностью принимать решения, хранить в памяти программу работы и инструкции на различные случаи "жизни", автоматически регулировать свою работу в зависимости от складывающихся условий. За это чудесное преображение микропроцессор достоин самого величественного памятника.

Наша электронная промышленность уже в течение ряда лет выпускает несколько наборов микропроцессоров и типов микро-ЭВМ. Они нашли широкое применение в технологическом оборудовании для производства электронных изделий, и сейчас настал черед внедрения их в различные массовые объекты

народного хозяйства. В чем принципиальные преимущества использования в массовых объектах управления микропроцессоров и микроЭВМ?

Главное, пожалуй, состоит в малых габаритах, небольшой потребляемой мощности и в более низкой стоимости микропроцессорных вычислительных систем, которая еще более снижается при использовании однокристальных моделей, где в одной кремниевой пластинке объединены микропроцессор и запоминающие устройства. Уже одно это позволяет применять микровычислительную технику в тех областях, где ранее вычислительные и управляющие машины были недоступны из-за "барьера стоимости" и невозможности организовать выпуск десятков и сотен тысяч машин в год.

Благодаря минимальным размерам микропроцессорную систему можно разместить под суппортом станка, в кабине трактора, в корпусе робота-манипулягора, в магнитофоне, в телефонном аппарате. В сочетании с доступностью это позволяет вводить микропроцессоры в устройства, где ранее применение вычислительной техники было невозможным или нерентабельным.

С применением микропроцессоров уже выпускаются некоторые типы измерительной, связной (в том числе телеграфной), медицинской, бытовой аппаратуры, систем электронного управления металлообрабатывающими станками, автоматизированных систем управления технологическими процессами - АСУТП.

"Одномодульная" ЭВМ внутри кассового аппарата сама оформляет чеки и счета, сама, если нужно, контролирует наличные запасы товаров. В электронных стимуляторах сердечной деятельности она регулирует число ударов сердца. Она устанавливает рабочую температуру в термостатах, настраивает радиоприемники, перекачивает газ по магистральным трубопроводам, управляет режимом работы автомобильных двигателей... Ей доверяются роботы. То же самое можно сказать и о научноисследовательской аппаратуре, такой, как установка для синтеза генов. Машины теперь сумеют работать гибко и осмысленно, и это вызовет взрывообразный рост производительности труда, о котором мы потом в один прекрасный день будем, вероятно, говорить как о "второй промышленной революции".

Еще пример - автомобильный двигатель. Оптимизируя режим его работы, микропроцессор может обеспечить экономию не менее 10 процентов горючего. С его помощью можно создать систему автоматического включения и выключения светильников

в жилых помещениях и на лестничных клетках, которая реагирует на присутствие человека. Внедрение таких систем только в крупных городах может обеспечить годовую экономию не менее 1,3 миллиарда киловатт-часов электроэнергии.

Другое перспективное направление использования микропроцессорной техники в быту - устройства, позволяющие отображать на экранах телевизоров тексты с разнообразной справочной информацией, с расписанием движения транспорта, сведения о репертуаре театров и кино, сводки погоды и т. п. Широкое применение найдет микровычислительная техника и в других бытовых радиоэлектронных приборах.

Сейчас уже нет никаких сомнений, что микропроцессоры и микро-ЭВМ найдут широкое применение в быту, в автоматизации технологических процессов практически любой отрасли народного хозяйства, в самых разных сферах обслуживания человека. Это управление не только отдельными станками, но и сложными производственными линиями в машиностроении, в обрабатывающих отраслях промышленности и создании гибких производств с применением роботов.

Микропроцессор преображает лицо обычных вещей.

Мы давно привыкли к словам "АСУ заводом", "АСУ цехом", "АСУ транспортными потоками". Сейчас приходится привыкать и к таким, как "АСУ стиральной машиною", "АСУ сверлом", "АСУ лифтом", "АСУ автомобилем". Вот некоторые примеры.

Парижская фирма "Отнс" начала производить лифты еще в прошлом веке. Словом, опыт есть. Последняя разработка - вертикальное средство транспорта со специализированной мини-ЭВМ "Элевоник" и синтезатором человеческого голоса. Говорящее устройство сообщает направление движения, предупреждает о перегрузке кабины, советует, как лучше вести себя в скоростном лифте. Всего предусмотрено 110 фраз, включая и приветствие. Но основная функция ЭВМ - экономить энергию.

Блок логики учитывает этажи здания, где больше всего входит людей, и около них держит свободные кабины.

Радиотелефон в автомобиле - далеко не новость.

Финские и шведские инженеры установили в такси еще и небольшой ящичек, в котором скрыто печатающее устройство, заимствованное у компьютерных систем телеобработки данных. Теперь водитель получает радиозаказ на вызов в виде напечатанного текста с точным адресом и фамилией, временем необходимого прибытия и маршрутом. Это гораздо удобнее, чем самому записывать, держа одну руку на баранке руля и приживая трубку плечом к уху. Дальность такой связи 25 километров.

Роль микропроцессора, печатающего текст телеграммы, на

этом не кончается. Он служит еще и электронным счетчиком, и сверхбыстрым бухгалтером. В конце рабочего дня он сам подсчитывает всю выручку, количество посадок, километраж пробега, часы простоя, расход бензина, среднюю скорость за день. Водитель нажимает кнопку, получает чек с отпечатанными данными и отправляется в диспетчерскую.

Инженеры комбината РФТ (ГДР) снабдили свою новую АТС электронной машиной третьего поколения. Тем самым и весь телефонный узел перешел в разряд третьего поколения. Электроника уменьшила габариты АТС и увеличила число абонентов. Она на 40 процентов экономит электроэнергию по сравнению с прежними типами и берет на себя весь анализ неисправностей, сообщая на центральный пульт координаты места повреждения.

Что касается выгод для абонентов, то их даже трудно перечислить. К примеру, можно, набрав вечером код на домашнем телефонном аппарате, заказать на утро акустический сигнал, заставляющий вас проснуться. Когда вы разговариваете с одним человеком, а вам звонит другой, ЭВМ обращает ваше внимание на это, вызывая предупреждающее постукивание. Не вешая трубку, вы можете попрощаться с первым и начать переговоры со вторым абонентом. А потом нажатием одной кнопки снова вызвать первого.

Дрель - инструмент универсальный, им пользуются люди самых разных профессий, не говоря уже об умельцах. Западногерманский завод механизированного инструмента "Фаин" первым снабдил электродрель компактным микропроцессором. Что же это дает, кроме удорожания?

Прежде всего чудеса электроники повышают долговечность этого ручного инструмента, и высокая цена быстро окупается. Дело в том, что маленький компьютер как бы чувствует сопротивление материала - четко отличает, например, бетон от древесины, пластмассу от алюминия и бесступенчато регулирует обороты и величину вращательного момента. Это особенно важно, когда отверстие сверлится в нескольких наложенных друг на друга деталях из разных материалов. Кроме того, он экономит электроэнергию. Если вы дрелью завинчиваете шурупы, то мотор автоматически отключается при малом усилии, то есть при холостом ходе в конце операции.

Такие "интеллектуальные" машины теперь смогут работать гибко и осмысленно, и это вызовет взрывообразный рост производительности труда, о котором в один прекрасный будущий день мы, вероятно, будем говорить как о "второй промышленной революции". Такой рост производительности

делает экономически выгодным использование устаревших, казалось бы, безвозвратно канувших в Лету машин, например паровоза, парусника и ветряных мельниц. Трудно в это поверить, но ветряная мельница с микропроцессором или паровоз, или паруса, управляемые мини-ЭВМ, - это не шутка.

Вот характерные примеры. Голландия - классическая страна ветряных мельниц. Еще около ста лет назад там насчитывалось десять тысяч деревянных ветряных мельниц, которые и зерно мололи, и выкачивали воду с полей, расположенных ниже уровня моря. Теперь в стране осталось около 900 этих ветеранов, но они не столько работают, сколько служат украшением ландшафта на радость туристам. Между ними жужжат уже своими пропеллерами тысячи новых мельниц, современных, экономичных, предназначенных только для выработки электроэнергии. Владельцы теплиц и небольших предприятий охотно пользуются теперь ветряками, чтобы не платить электроконцернам огромные деньги за энергию. Эксперты полагают, что в Голландии можно установить до 400 тысяч небольших ветряков с диаметром крыльев 10 метров. Идут разговоры о создании "парков ветряных мельниц", где несколько десятков ветряков, управляемых компьютерами с гидравлически переставляемыми пропеллерами, могли бы использовать энергию ветра самым эффективным образом. А в городке Паттен недавно вступила в строй опытная ветротурбина высотою 22 метра, ее роторные пропеллеры имеют в диаметре 25 метров.

Многие попытки возродить "эру парусов" на морях продиктованы лишь ностальгией по быстроходным - клиперам прошлого. Но есть и другие мотивы. Одна из английских фирм начала разработку парусной оснастки для современных торговых судов в качестве вспомогательной "силовой установки". По заявлению руководства фирмы при проектировании используются последние достижения в аэрокосмической промышленности и судостроении. Ставится цель создать систему парусов, полностью управляемую ЭВМ, что обеспечит постоянную наивыгоднейшую их установку с помощью сервомоторов.

Таким образом, не потребуется большой команды для ее обслуживания. По расчетам, внедрение этой системы позволит судовым компаниям экономить до 20 процентов топлива.

Уже год на регулярных торговых линиях в Китайском море ходит танкер "Син Аитоку мару" с автоматизированными парусами и двигателем. Обследованы разные комбинации скорости танкера и мощности двигателя - паруса всегда оказывались выгодными. Так, по одной из записей в вахтенном журнале: при скорости 20,4 км/ч при убранных парусах от

двигателя требовалась мощность 612 кВт (834 лошадиные силы), при поднятых - скорость повышалась на 2,8 км/ч, а мощность уменьшалась на 73,5 кВт, то есть на 12 процентов. Топлива за год сэкономлено на 180 тысяч долларов.

Две мощные железнодорожные компании США - "Берлингтон Нортерн" и "Чесси Систем Рейлроуд" - в настоящее время серьезно заняты проблемой внедрения паровозов нового поколения на угольном топливе в качестве перспективной альтернативы дизелям и электровозам. В основе такой переоценки поездной тяги лежат два соображения: высокая стоимость нефти и техническая возможность создания совершенно новых паровозов с использованием автоматики и электроники.

Новый локомотив "ACE 3000" будет иметь мощность 2200 киловатт, длину пробега без пополнения топливом 800 километров, скорость 130 километров в час. Он не будет дымить, как прежде. Это будет достигнуто благодаря двухступенчатому циклу с применением оптимального четырехцилиндрового парового двигателя и управлению процессом сжигания топлива с помощью микропроцессора. Так удастся избежать потерь пара, тепла, а значит, и потерь энергии. Существующие паровозы даже при благоприятных условиях имели к.п.д. 7 процентов. У нового он будет достигать 13.

РОБОТЫ ВНУТРИ НАС

Несколько лет назад 22-летняя Нэн Дэвис из Детройта, штат Огайо (США), попала в автомобильную катастрофу, следствием которой стал поперечный миелит.

Нэн была обречена на неподвижность, сообщает журнал "Изобретатель и рационализатор" (1983, No 6). "С помощью компьютера д-р Дж. Петровский вновь научил девушку ходить. К ножным мускулам были прикреплены 30 электродов и сенсорных датчиков. Электрические импульсы, посылаемые компьютером, стимулируют мышцы. С мускулов сигналы снова возвращаются на ЭВМ, чтобы машина могла координировать движения ног. Сейчас изобретатель работает над компактным компьютером размерами не больше 25Х15 сантиметров, чтобы больной мог носить его с собой на спине. В дальнейшем д-р Петровский собирается вживлять микропроцессоры непосредственно в мышцы больных".

Идея создания искусственных "запчастей" к организму человека для замены больных или поврежденных органов не нова. Но только в наши дни тесное сотрудничество специалистов различных областей - от химии полимеров и аэрокосмической техники до микроэлектронной роботологии и биологии позволило предоставить медикам набор технических "чудес": искусственную кожу, искусственную кость и искусственную кровь,

управляемые микропроцессором конечности, внутриглазные линзы, миниатюрные насосы, заменяющие поджелудочную железу, искусственные почки и кровеносные сосуды.

Здесь робототехническое моделирование человеческой природы становится опять самой природой.

Однако то, что выглядит легким в теории, на практике часто оказывается неимоверно трудным. Сердце, например, - это, попросту говоря, обыкновенный насос.

Однако он "обслуживает" около ста тысяч километров кровеносных "трубопроводов", делая по сто тысяч ударов ежедневно все 365 дней в году. И так в продолжение семидесяти лет и более! Несмотря на два десятилетня интенсивных и дорогостоящих исследовательских работ, достойное искусственное сердце все еще не стало реальностью. В университете штата Юта было разработано полностью искусственное сердце "Джарвик", насос из полиуретана и алюминия, приводимый в движение воздухом, но применяться на практике оно сможет самое раннее после 1987 года.

"К 1996 году бегуны на марафонские дистанции, снабженные "высокоэффективными искусственными сердцами, могут быть дисквалифицированы из-за своего несправедливого преимущества над остальными", - говорит доктор У. Колф из университета штата Юта.

Появились и другие не менее интересные изделия.

Электрокардиостимуляторы (электронные стимуляторы сердечной деятельности) уже носят в себе сотни тысяч пациентов, которым их вживили в организм для регулирования сердечных сокращений. Искусственные кровеносные сосуды из полиэфирного волокна используются для помощи пациентам, страдающим сужением просвета артерий. Многим делается замена больного тазобедренного сустава искусственным. Эта операция теперь почти всегда проходит успешно после того, как начали применяться конструкционные материалы из акриловой пластмассы и высокопрочных сплавов. Другим общеупотребительным устройством является искусственное стремечко из нержавеющей стали и тефлона (фторопласта) для замены крохотной ушной косточки, по форме похожей на стремя и располагающейся внутри среднего уха. С его помощью восстанавливают слух больным, страдающим глухотой из-за отосклероза (патологического разрастания костной ткани).

С появлением микроэлектроники стали возможными революционные изменения в области создания искусственных конечностей. У истоков кибернетического протезирования стояли советские специалисты. Первая биоэлектрическая рука, созданная

А. Кобринским, с успехом демонстрировалась на многих международных конференциях. Развитие этого направления в наши дни также не остается незамеченным. Оно воплощено в новом изобретении студентов и молодых инженеров МВТУ имени Н. Баумана, получившем премию Ленинского комсомола за 1981 год, - механической руке, управляемой биопотенциалами мышц. Рука послушно и точно повторяет движение своего повелителя-оператора. Тот, в свою очередь, при перегрузке робота ощущает электрические сигналы. Почувствовав, что машине приходится слишком тяжело, оператор может вовремя уменьшить нагрузку.

Это уже второе, очувствленное поколение биорук.

Активно ведутся эксперименты по созданию запчастей человеческих конечностей и за рубежом. Были разработаны так называемые "рука из Юты" и "бостонский локоть" (в создании которого участвовали четыре университета и исследовательских центра города Бостона).

Эти искусственные конечности, имеющие привод, изготовлены преимущественно из легких композитных материалов на основе графита и пластмасс. Они снабжены аккумуляторными батареями, микроэлектронными схемами и наборами электродов, которые прикрепляются к плечевым мышцам. Люди с ампутированными руками учатся управлять этими устройствами в значительной мере так же, как естественными конечностями, - используются биологические обратные связи. Мозг посылает мышцам команду двигаться. Сокращаясь в ответ на эти сигналы, мышцы вырабатывают импульсы биотоков, которые можно зарегистрировать с помощью электродов на поверхности кожи. Отсюда сигналы передаются к искусственной конечности и преобразуются в движения.

Чтобы поднять тяжелый предмет, весящий, скажем, 20 килограммов, инвалид просто напрягает мышцу.

"С помощью этой руки нельзя играть на фортепиано или на скрипке, говорит разработчик "руки из Юты" С. Джекобсен, - однако многим она эффективно заменяет утраченную конечность".

Инженеры-биомеханики создали также управляемый ЭВМ коленный сустав с голенью, известный под названием "колено МТИ" (МТИ - Массачусетский технологический институт). Внутри его имеется встроенный микропроцессор, осуществляющий приспособление устройства к индивидуальной походке человека.

Быстрый прогресс микроэлектроники является причиной революции в медицинской технике, которая приведет к созданию новых искусственных органов. Программируемые "инсулиновые насосы", которые носятся на ремне или вживляются в организм,

заменяют поджелудочную железу, контролируя уровень сахара в крови у диабетиков. Также создано экспериментальное "электронное ухо" для больных, страдающих некоторыми разновидностями глухоты. Во внутреннее ухо им вживляются электроды, которые соединяются с крошечным микрофоном и интегральной схемой, носимыми на теле. Звук, преобразованный в электросигналы, возбуждает слуховой нерв, посылая в мозг электрический образ, воспринимаемый им в виде речи.

Но для более сложных органов даже современной техники недостаточно. Имплантируемое искусственное легкое, например, появится не скоро. Самое совершенное, чего удалось достичь на пути к искусственному легкому, - это клиническая плазмофоретическая установка для очистки крови от токсических веществ. Тем не менее некоторые специалисты убеждены, что большинство важных органов тела получит в конечном счете свои искусственные "двойники". "К исходу века каждый значительный орган, за исключением мозга и центральной нервной системы, будет иметь искусственные замейители", говорит доктор У. Добелл. Его институт искусственных органов в Нью-Йорке проводит работы по замене поджелудочной железы, сердца, уха и глаза.

Один из самых интригующих экспериментов связан с электронным зрением. Исследователи из университета Западного Онтарио вживляли электроды в зрительную зону коры головного мозга. ЭВМ, соединенные с электродами, затем передавали в мозг электрические импульсы, и пациенты "видели" звездообразные образы, носящие название фосфенов. У. Добелл, который был пионером этих работ, говорит, что они, возможно, и не приведут к созданию "электронного глаза", но он представляет себе будущую модификацию подобного устройства с сотнями электродов, вживленных в мозг, с миниатюрной телекамерой внутри искусственного глазного яблока и с микро-ЭВМ, размещенной внутри оправы очков.

Но пока до этого еще далеко, во многих странах ведутся работы по созданию портативных переносных радарных устройств, чтобы облегчить слепым ориентирование в окружающем пространстве.

Уже созданные конструкторами аппараты действуют в ультразвуковом или микроволновом диапазонах, которые не воспринимаются человеческим ухом. Основная трудность создания подобного зрительного аппарата состоит в разработке устройства, способного четко и однозначно сообщить слепому результаты измерений, так как вся информация должна быть передана лишь в виде слуховых или осязательных сигналов.

Ученые института визуализации данных в городе Сан-Франциско (США) работают над тем, чтобы расшифровку схематической "картинки", получаемой с помощью телекамеры, возложить на микропроцессор. Разработанное ими устройство способно распознавать воспринимаемое телеглазом изображение и трансформировать полученную информацию в синтезированную человеческую речь. Компьютер называет характер опознанного препятствия, его угловое положение относительно пути следования человека и расстояние до него.

Чтобы уличный шум не заглушил голосовую информацию, она дублируется с помощью вмонтированного в специальный пояс электромеханического вибратора.

Легкое постукивание о тело сообщает о направлении на объект. В первом опытном образце компьютерного зрения миниатюрную телеустановку носят за плечами.

Изображение в числовом коде обрабатывается процессором. Например, две близко расположенные параллельные вертикальные контурные линии обозначаются термином "столб". Это и дерево, и фонарь, и труба. Связанные между собой вертикальные и горизонтальные контуры обозначаются термином "куб". Это и автобус, и почтовый ящик, и ларек. Микропроцессор формулирует соответствующую условную фразу и возбуждает в поясе один из шестнадцати вибрирующих элементов, расположение которого соответствует направлению, а высота тона - расстоянию. Согласно заложенной программе микропроцессор сообщает данные о препятствиях на пути каждые полсекунды, то есть при нормальной скорости пешехода через каждые полметра.

Кажется, что создание "искусственного человека" не такая уж далекая перспектива. Тогда окажется, что ситуация, описанная в рассказе Рэя Брэдбери "Судебный процесс", не так уж фантастична. Там шла речь о том, что фирма, занимающаяся протезированием, допротезировалась до того, что в ее клиенте, известном гонщике, уже не осталось ни одной "живой части", и так как он не оплатил в срок задолженность, фирма настаивала, что он теперь является ее собственностью.

По крайней мере "полноразмерные" копии человека, созданные в настоящее время, ведут себя, на зависть Анри Дро, совершенно "естественно". Вот, например заметка из парижской газеты "Интернешнл геральд трибюн" под названием "Роботы из семейства Мицуно".

Посреди лаборатории стоит С. Мицуно, а рядом с ним кукла в человеческий рост, точное подобие Мэрилин Монро - блондинка, с томными голубыми глазами, в платье с глубоким вырезом. Подобно заботливому отцу, С. Мицуно любовно разглаживает ее локоны, поправляет колье. Но вот "Мэрилин", как по волшебству, оживает. Она лучезарно улыбается, отвешивает поклон и, подыгрывая себе на гитаре, начинает петь. В такт дыханию у куклы поднимаются и опускаются розовые плечи, а когда она поет о чем-то грустном, то прикрывает глаза. Кончив петь, "Мэрилин" игриво подмигивает.

С. Мицуно, 44-летний художник и изобретатель, создал, кроме нее, еще девять кукол-роботов.

Первым его творением был "Томас Эдисон". За ним последовали "двойники" Джона Ф. Кеннеди, знаменитого артиста театра Кабуки Томасабуро Бандо и неизвестной японки, потом появилась целая семья фантастических существ феи, русалки и свирепый самурай.

"Семейка С. Мицуно" мгновенно завоевала популярность. С середины 1970-х годов его куклы регулярно появляются на всех промышленных ярмарках и на экранах телевизоров. А токийский универмаг Кобэ взял "Мэрилин Монро" напрокат на все лето, чтобы привлекать покупателей.

Изготовлением роботов С. Мицуно начал заниматься в 60-х годах, когда японская электроника переживала бум. В ту пору уже существовали радироботы. Но, по его мнению, они были "слишком медлительны и примитивны". С. Мицуно решил сконструировать своего робота, и через восемь лет появился "Томас Эдисон". Больше всего времени, как ни странно, потребовалось для воссоздания искусственной кожи, которая, по замыслу автора, не должна была отличаться от человеческой.

С. Мицуно занялся химией и наконец получил мягкую, эластичную кожу из винила, которую он запатентовал.

Внутри "Мэрилин Монро" действует 80 соленоидов, "Именно столько мускулов занято в движениях живого человеческого тела и лица, которые кукла имитирует", - поясняет С. Мицуно.

Разумеется, до человеческого уровня этим игрушкам еще далеко, они всего лишь искусно копируют механические движения человека, однако свойства программируемоеТ на ту или иную "манеру поведения" позволяют вполне оправданно относить их к роботам первого поколения.

Совсем другое дело - кибер, разработанный группой исследователей одной из токийских лабораторий робототехники. Это человекоподобный робот с руками, ногами, зрительным, слуховым и речевым аппаратом и обладающий

"интеллектуальными" способностями на уровне двух-трехлетнего ребенка. Он может, в частности, выполнить просьбу отыскать что-либо в помещении и принести, а также отвечать на вопросы. Здесь, как читатель, вероятно, сумеет сам разобраться, мы имеем типичный пример робота третьего поколения, однако его антропоморфность ставит перед нами некоторые дополнительные философские проблемы.

ЗАВОДЫ - РОБОТЫ

ЧТО ТАКОЕ СОВРЕМЕННОЕ ПРЕДПРИЯТИЕ?

С точки зрения человека неискушенного, предприятие будущего представляется этакой "вещью в себе". Что мы знаем о нем? Мы можем лишь утверждать, что это напичканный электроникой и автоматикой завод, у проходной которого висит незамысловатая табличка: "Людям вход строго воспрещен!"

Относительно прочих свойств этого завода будущего мы многого сказать не сможем, это и не удивительно, ведь речь идет о заводе будущего, а мы живем в настоящем. Здесь нам следует без стеснения обращаться к специалистам, профессиональный долг которых состоит, в частности, и в том, чтобы заглядывать в это будущее. Но, обратившись к ним, не стоит удивляться, если их ответы и мнения покажутся нам не совсем понятными, порой странными и претенциозными.

- Современное предприятие должно работать так, чтобы его эффективность не зависела от величины партий, которыми выпускается изделие!

- Современное предприятие - это такое, где материалы практически не лежат без движения!

- Современное предприятие начинается там, где человек покидает непосредственное производство!

Попробуем разобраться в этом конгломерате суждений. Специалисты утверждают, что самая характерная черта современного "завода будущего" это то, что его эффективность не зависит от величины партии, то есть ему одинаково удобно и выгодно производить и миллион одинаковых шестеренок, и миллион совершенно разных.

И тут мы должны вспомнить, что самая характерная черта недавнего прошлого - это ужасающая тенденция к единообразию массового производства, зародившаяся еще в недрах промышленной революции. Только предельная массовость дает максимальную выгоду. Представьте себе, например, что вам нужно отчеканить тысячу одинаковых значков. Сначала следует изготовить штамп - форму для чеканки. Готовится он из твердого металла, и сделать его поэтому довольно непросто, но зато, когда он наконец закончен, дальнейшее представляется удивительно

простым, - шлепай медные или алюминиевые кружочки, и порядок. Чем больше мы продадим наших значков, тем быстрее вернется к нам и сумма, заплаченная за изготовление штампа, и тем большую прибыль мы получим.

Представьте себе, что значки наши предназначены не для самой широкой публики, а изготавливаются для какого-нибудь учреждения, скажем, вуза, которому нужна небольшая партия. Может оказаться, что величина этой партии не в состоянии окупить цену, заплаченную за изготовление штампа. Что делать? Поднять цену на единичное изделие и за счет этого добиться рентабельности?

Так обычно и делается. Ну а если нужно изготовить всего, скажем, пять значков? Представляете, какую цену нужно заломить за каждый, чтобы "не вылететь в трубу"?

Так вот, современное предприятие, например, по производству значков, должно настолько легко перестраиваться с одного значка на другой, чтобы ему было одинаково выгодно делать и большие и маленькие партии, и даже отдельные экземпляры, и даже все вперемежку: вкрапливать отдельные значки или мелкие партии в поток массового заказа. Возможно ли такое? Нет! скажет неинформированный пессимист. Да! -ответит вдумчивый читатель, поверивший в возможности роботизации. Нужно поручить изготовление штампов роботу, а процесс программирования робота отдать на откуп ЭВМ.

Это и будет современная производственная система, которую мы по праву окрестили заводом-роботом. Итак, гибкость - свойство завидное и очень выгодное. Что еще характерно для завода-робота?

"Предприятия, которые сократят время нахождения материалов без движения, впервые можно будет назвать современными предприятиями", утверждают организаторы производства. Как это без движения? Давайте заставим материалы все время двигаться, добьемся ли мы звания современного завода? Нет! Что же это за проблема?

Оказывается, очень серьезная.

Время, затрачиваемое сейчас на предприятии на переработку материалов и обработку деталей, составляет всего лишь от 1 до 2,5 процента общего времени, протекающего от получения заказа до отгрузки готовой продукции. Большая часть времени уходит на перемещение материалов или на то, что они лежат без движения на полу. Утверждают, что, в свою очередь, и из этого мизерного времени обработки и сборки время действительной обработки на станках составляет порядка 15-20 процентов. Пожалуй, специалисты, которые сократят время нахождения материалов без

обработки, впервые создадут современное предприятие. Естественно, мощный рычаг процесса сокращения потерь времени - комплексная роботизация.

Роботизация позволяет успешно бороться и с пресловутой "незавершенкой". По данным американских специалистов, 95 процентов своего времени заготовка проводит в ожидании очередной обработки или в транспортировке, а из того, что остается, то есть из пяти процентов, сам процесс обработки на станке занимает менее 30 процентов. Таким образом, для непосредственного изготовления детали используются лишь 1,5 процента времени нахождения ее на заводе. Поэтому, например, одним из центральных элементов японской производственной философии служит концепция "делать все вовремя".

Речь идет о системе, при которой материалы и компоненты доставляются в цехи лишь по мере надобности, а не накапливаются там. При этом достигается существенная экономия, так как обычно одна треть заводских площадей используется для хранения материалов и продукции.

Наконец, рассмотрим последний "нечеловеческий" фактор.

Сегодня мы нередко сталкиваемся с ситуацией, когда человек в силу своих ограниченных физических и психических качеств становится тормозом на пути развития производства, вынуждает оплачивать свое присутствие у печи или в цехе круглой суммой на создание приемлемых условий труда. Роботизация снимает эти ограничения и тем самым открывает пути к качественным преобразованиям в сфере производства, В цехах "безлюдного" завода можно установить станки, не нуждающиеся в эстетическом оформлении, без всяких гладких обводов, которые так "радуют глаз". Эго почти на треть сократит себестоимость станков. Понадобится значительно меньше металла, пластмасс, других материалов. Оператор, удаленный от станка, будет находиться в комфортабельных условиях, станки тогда можно располагать прямо на полу, а не поднимать их на "уровень человека", на что сейчас идет немало металла.

В автоматическом цехе можно не только снизить общие чисто человеческие требования к эстетическому оформлению, но и к воздушной среде цеха, существенно сократить и реорганизовать его площадь и объем. Такой цех совсем не обязательно не только проветривать (вспомним дорогостоящую систему вентиляторов), но и освещать - ведь робот может использовать ультразвуковое или инфракрасное зрение.

Все это приведет к резкому сокращению затрат и сроков строительства, сэкономит от 25 до 40 процентов цемента, железобетона, металлоконструкций, электроэнергии и других

ресурсов. Резкое сокращение числа рабочих и служащих предприятия уменьшит затраты на соцкультбыт и другие элементы инфраструктуры, как правило, превышающие затраты на строительство предприятий в несколько раз.

Подобный завод-робот можно просто отключить, как пылесос или радиоприемник, когда в нем нет нужды, и снова включить - когда нужда появится. Так на производственную сцену стали выходить участки, цехи и заводы, даже относительно названия которых нет пока единого мнения. Вот некоторые примеры разных названий, в сущности, одного и того же: КАПС комплексно-автоматизированная производственная система; ПАЛ производственно-автоматическая линия; ГАП - гибкое автоматическое производство; МАК - механообрабатывающий комплекс; РТК - робототехнический комплекс; ИПС - интегрированная производственная система; ПМП переналаживаемое многономенклатурное производство; ГПС - гибкая производственная система. Последний термин сейчас, пожалуй, понимается и принимается всеми и более или менее одинаково. И все же всем приведенным выше названиям мы предпочли термин "завод-робот". Что же означает это предпочтение?

Прежде всего такому заводу присуща гибкость, переналаживаемость с одного вида изделия на другой. Вовторых - адаптивность к новым формам управления.

В-третьих - интеллектуальность в проектировании новых изделий, в планировании производства.

Одним из принципов смены поколений роботов является степень участия человека в управлении. Этот принцип с успехом применим и к нашему заводу-роботу.

Завод-робот первого поколения перепрограммировать довольно сложно, каждая его составляющая - свой "орешек" программизма.

Завод-робот второго поколения уже сам отчасти "помогает" себя программировать, он построен из унифицированных блоков технологического и программного обеспечения, управление им централизовано и автоматизировано.

Завод-робот третьего поколения обладает развитым интеллектом, сам проектирует, планирует и управляет производством своих изделий. Сам контролирует точность и свойства инструментов (не затупились ли) и сам подает сигнал на их замену.

Возможна и другая, историческая классификация трех поколений заводов-роботов. Первое поколение характеризуется тем, что на таких предприятиях внедрена массовая автоматизация

на базе манипуляторов и станков с числовым программным управлением (ЧПУ). Второе поколение заводы, имеющие совершенные обрабатывающие центры и гибкие транспортные системы. Третье поколение - умное конструирование, планирование и управление при помощи ЭВМ.

Гибкие производственные системы завершают процесс автоматизации промышленных предприятий, начавшийся в 50-х годах. Сначала появились станки с числовым управлением, автоматически выполняющие различные операции в соответствии с закодированными командами на перфоленте. Затем стали привычными частично компьютеризованные системы проектирования и производственные системы, в которых чертежные доски заменены электронно-лучевыми трубками, а перфоленты - ЭВМ.

Новые гибкие заводы-роботы объединяют все эти элементы. Они состоят из управляемых ЭВМ, центров механообработки, с большой скоростью обрабатывающих сложные детали; роботов, переносящих их и закрепляющих на станках; тележек с дистанционным управлением, на которых доставляются материалы. Все компоненты связаны единой системой электронного управления для каждого этапа производственного процесса, вплоть до автоматической замены отработавших или сломанных инструментов (сверло, фреза, резец...).

По сравнению с теми станочными комплексами, которые они заменяют, гибкие системы подчас кажутся дорогими. Такая система, включающая аппаратуру управления, пять или более центров механообработки и необходимые манипуляторы, может обойтись в несколько миллионов рублей. Даже сравнительно простая система, созданная на базе одного станка скажем, управляемый ЭВМ токарный центр, - стоит несколько тысяч, в то время как обычный станок с цифровым управлением, выполняющий те же операции, стоит около тысячи рублей.

Но прямое сравнение - неудачный критерий для оценки той экономии, которую сулит гибкая автоматизация, даже если принять в расчет выгоды в плане производительности и использования мощностей, которые дает круглосуточная работа предприятия фактически безучастия людей.

Поскольку гибкую производственную систему можно "молниеносно" заново перепрограммировать на производство новых деталей и изделий, то одна система может заменить несколько обычных механических линий, давая большую экономию за счет меньших капиталовложений и производственных площадей.

Самый большой потенциал гибких систем заложен в их

способности дешево изготавливать товары небольшими партиями. Автоматические станочные линии при жесткой автоматизации почти не обладают такой гибкостью. Но значение массового производства в настоящее время уменьшается по сравнению с производством партиями от нескольких тысяч экземпляров до одного. Сейчас 75 процентов всех механически обрабатываемых деталей изготавливаются партиями по 50 штук или меньше.

Многие виды сборной продукции - от самолетов и тракторов до крупных ЭВМ - выпускаются такими партиями. В прошлом для производства изделий партиями были нужны станки, рассчитанные лишь на одну функцию. Эти станки в случае перехода к выпуску нового изделия приходилось либо реконструировать, либо заменять. Гибкие системы обеспечивают неслыханную прежде возможность разнообразить продукцию. Можно на одной и той же линии изготавливать различные изделия, правда, из одного "семейства". Так, семейство автомобилей "Жигули" вполне может служить примером массового изделия индивидуального заказа. Представьте себе, что наша гибкая система способна выпустить любую модель от ВАЗ-2101 до ВАЗ-2107. При этом на конвейере друг за другом одновременно движутся к "логическому завершению" совершенно разные модели. Тут и пикап малинового цвета, и "Лада" с правосторонним рулевым колесом на экспорт, и утепленный вариант "Нивы" для районов Севера. Вот принят новый заказ: "первая модель с третьим двигателем". Дается команда программирующему компьютеру, конструктивные особенности модели вводятся в память роботов, складской системы, обрабатывающих и сборочных центров - и автомобиль включается в поток технологической реки так же органично, как маленький ручей впадает в большую реку.

Проходит одна-две "смены" - и готовый индивидуальный заказ предоставляется потребителю.

При негибкой автоматизации наибольшая экономия достигается только при предельной массовости продукции. Использование гибких систем делает возможной аналогичную экономию при самых различных масштабах производства. Они могут производить небольшие партии или даже единичные экземпляры с такой же эффективностью, как производственная линия, предназначаемая для изготовления миллионов одинаковых изделий. Энтузиасты называют эту способность масштабной экономией.

Подобные эффекты существенно изменяют принципы, на которых зиждятся традиционные производственные методы. Нет

необходимости в длительной подготовке и наладке производства благодаря беспрецедентной "компьютерной" точности, которую такие системы обеспечивают сразу на каждом этапе производственного процесса - от механической обработки до технического контроля. Появляется гораздо больше возможностей строить новые предприятия: гибкие системы избавляют от "тирании" крупных вложений, допуская строительство небольших заводов, расположенных близко к местам сбыта продукции.

БРИГАДНЫЙ ПОДРЯД РОБОТИЗАЦИИ

Идея группового использования роботов и станков с ЧПУ в едином комплексе принадлежит как бы самим роботам. Начиная с самых первых шагов роботизации выяснилось, что замену производственного рабочего роботом в соотношении "один к одному" вряд ли можно оправдать. Роботу такая замена, грубо говоря, "невыгодна", он не сможет "развернуться во всем блеске" на столь узком "пятачке". Идеально, когда удается поручить роботу обслуживание сразу нескольких станков, агрегатов или прессов, претворив разрозненное оборудование в полностью автоматизированный комплекс, работающий по единой, общей программе. Именно в таких технологических комплексах, как показала практика, один промышленный робот высвобождает в среднем двух-трех рабочих, в два-четыре раза повышает производительность, приблизительно вдвое увеличивает использование оборудования, повышает ритмичность и общую культуру производства.

Подобный робототехнологический комплекс - это и есть своеобразный кирпич, или, точнее, пробный камень на стройплощадке полностью роботизированных цехов или даже заводов. Это не просто дальнейшая автоматизация производства, это качественно новый шаг в развитии промышленности. "Ставка на полностью роботизированные технологии оправдана не только как отдаленная перспектива, но и с позиций сегодняшнего дня.

Именно этот подход должен быть положен в основу нашей стратегии и тактики в области робототехники", - считает профессор Г. Юревич. Это и решение вопроса о том, как и где наиболее эффективно можно использовать роботы и манипуляторы.

Групповое использование роботов дает определенные выгоды с точки зрения их технического обслуживания, подготовки операторов, обеспечения запасными частями.

Применение бригады роботов дает возможность поднять на высшую ступень дело управления, применить комплексное управление от ЭВМ. Стоимость мини-ЭВМ в пересчете на один робот оказывается не столь уж велика.

В перспективе наиболее выгодными могут стать бригады из роботов, где один очувствленный, или интеллектуальный, будет обслуживать несколько простых, более "глупых" собратьев. Но сначала нужно научить роботов общаться друг с другом.

Групповое использование роботов - своеобразный бригадный подряд роботизации - требует решения таких новых и принципиальных вопросов, как организация идеального их взаимодействия, своеобразная социализация поведения, разработка кибернетической "этики" роботов. Вот где опять интенсивно заработал механизм самопознания человека и человечества!

Конечно, фантасты уже заложили несколько весомых кирпичей в фундамент этики роботов, однако проблемы, которые ставит перед нами жизнь, почти всегда оказываются сложнее любой измысленной ситуации. Жизнь фантастичнее фантастики.

Специфика группового управления роботами состоит, говоря профессиональным языком, "в наличии разнообразных пространственных и временных ограничений на движение отдельных манипуляторов". Пространственных - это значит, что рабочие зоны отдельных рук роботов могут пересекаться. Временных - это значит, что движения рук не произвольны, а упорядочены во времени.

Самым тривиальным вариантом группового управления является управление автономно работающими манипуляторами. Здесь каждый робот совершает не связанные ни в пространстве, ни во времени с другими манипуляторами действия. Задача группового управления здесь сводится к известной проблеме распределения вычислительной мощности управляющего компьютера между несколькими пользователями.

Более сложным вариантом группового управления является наложение только временных взаимных связей на действие манипулятора. В простейших случаях эти связи сводятся к установлению определенной последовательности выполнения каждым манипулятором своей индивидуальной операции. Более сложным случаем является синхронизированная параллельная работа манипуляторов.

Следующим этапом на пути усложнения задачи группового управления является совместное выполнение манипуляторами общей работы, требующей взаимной координации их движений в пространстве общей рабочей зоны (например, сборка одного узла двумя манипуляторами). Возможны разные режимы организации такой совместной работы манипуляторов, имеющие глубокие аналогии с человеческим общением: квазиавтономное управление, иерархическое подчинение и равноправное

взаимодействие.

В квазиавтономном режиме общее задание, поручаемое бригаде роботов, стараются разбить на такие операции, каждая из которых могла бы выполняться однщи из манипуляторов при учете пространственных и временных ограничений, обеспечивающих взаимную "развязку" движений отдельных роботов.

Другое дело - режим управления с иерархическим подчинением роботов друг другу. Один из роботов является основным - своеобразный бригадир, - а другой работает, оперативно согласовывая с ним все свои движения во времени и пространстве.

Самым высокоорганизованным режимом совместной работы роботов является режим равноправного взаимодействия. Такой режим предполагает оперативный учет дыжений других манипуляторов при управлении каждым в отдельности. Согласование работы отдельных ма нипуляторов и роботов обеспечивается как собственными мини-компьютерами роботов, так и центральным компьютером. Возможны три варианта организации управления.

Децентрализованное групповое управление, когда индивидуальные микрокомпьютеры роботов перекрестно связаны друг с другом.

Централизованное управление группой роботов от одного компьютера.

Комбинированное управление, являющееся обобщением двух первых вариантов.

Впрочем, все эти варианты могут быть программно реализованы в одной ЭВМ при условии достаточной ее вычислительной мощности.

Наиболее гибкой и надежной является комбинированная система управления, включающая в себя центральный компьютер и местные управляющие мини-ЭВМ, связанные с центром и между собой. Централизованное управление менее надежно: сломался главный компьютер, и вся система остановилась. Децентрализованное управление свободно от этого недостатка: выход из строя одного компьютера вызывает лишь отключение одного из роботов, остальные, если могут, продолжают работу. Однако в этом случае сложнее изменять алгоритм взаимодействия роботов, так как необходимо изменять структуру имеющихся связей между отдельными управляющими компьютерами роботов.

В идеале весь робототехнический участок, роботизированный цех и целый завод тоже превратятся в единый организм -

настолько слаженный и гармоничный, что мы без натяжки могли бы присвоить этому заводу имя "робот". Нужно сказать, что, хотя идеал такого завода еще только брезжит на горизонте промышленного производства, отдельные лучи восходящего светила роботизации уже пробиваются сквозь тучи противоречивых идей и концепций.

Рассмотрим идею завода-робота японской фирмы "Хиточи ЛТД", уже опробованную на цехе механической обработки валов для мощных экскаваторов. Названа эта концепция "интегрированной производственной системой" (здесь английское слово "integrate" обозначает целостное неразрывное единство множественных элементов).

Основа состоит в объединении всего производственного автоматического оборудования в единую эффективно функционирующую систему посредством иерархической системы управления, реализованной с помощью целой сети современных микро-, мини-, средних и больших компьютеров. Эта система ЭВМ позволяет обеспечить организационно-хозяйственное и технологические управление на основе гибкой интегрированной программы, учитывающей состояние процесса производства.

Такой завод-робот как гигантский айсберг. Его видимая часть - это цех механической обработки валов.

Цех, как и любая подобная система, строится, как из кубиков, из набора фундаментальных элементов. Прежде всего он содержит формообразующие элементы технологии. Это разнообразные станки с ЧПУ, обрабатывающие центры и другое подобное оборудование, которое занято созданием изделий; условное название их функции - "изменение формы". Следующий кирпичик - это транспортные средства, занятые "изменением места", здесь разнообразные конвейеры, электрокары, краны-штабелеры. Кроме изменения места, необходимо осуществлять "изменение позиции". Это сфера эффективного приложения манипуляторов всех видов и поколений, они осуществляют операции переноса, изменения положения, компоновки и сборки. И наконец, то, что формально называется "изменением времени". Сюда относятся разнообразные средства хранения, начиная от питателей, стеллажей и поддонов и кончая автоматизированными многоярусными складами заготовок и готовой продукции.

Есть еще хитрая иерархия электронных средств управления. Каждая единица производственного оборудования - будь то станок, робот или производственная тележка - имеет свой мозг или, на худой конец, мозжечок, а именно: микропроцессор или микрокомпьютер.

Эти "мозги" соединены с помощью специальных каналов

передачи информации с более мощными мини-компьютерами цехового уровня. Каждый такой мини-компьютер - "начальник цеха", обеспечивает работу целой группы оборудования, начиная от цехов механической обработки и сборки и кончая автоматизированными испытательными средствами и складами. Все мини-компьютеры объединены между собой быстродействующей связью, обеспечивающей оперативную передачу управляющих данных. И наконец, центральный компьютер, к которому подключены все мини-компьютеры цехов через так называемый "модем". Так и хочется назвать его центральной нервной системой этого организма.

Это то, что можно увидеть на таком заводе-роботе "невооруженным" взглядом. Невидимая же часть айсберга - это мощная, распределенная иерархическая система управления.

Первый уровень управления - управление роботами, станками и элементами транспортной системы. Система действует в полном соответствии с теми принципами, которые мы рассматривали в предыдущих главах этой книги. При выполнении элементарных операций эти единицы оборудования работают как бы квазинезависимо, псевдоавтономно.

Однако в тех случаях, когда они входят во взаимодействие друг с другом, такие вопросы решаются с помощью третейского суда - мини-компьютера более высокого - второго - уровня. Этот мини-компьютер участка или цеха осуществляет обработку всей информации по управлению вверенным ему производством. Он не только планирует работу цеха и контролирует ход выполнения планов, но и осуществляет групповое программно-распределительное (супервизорное) управление промышленными роботами и другим оборудованием.

Именно этот компьютер - "начальник цеха" - принимает от роботов рапорты о выполнении тех или иных производственных операций, сообщения о сбоях и поломках, молниеносно принимает решения, назначает следующую операцию по каждому оборудованию в соответствии с имеющимся планом, блокирует неисправные участки и станки, перераспределяет их функции между другими (соседними) роботами и станками, а в случае необходимости составляет и редактирует новые программы управления роботами и станками с ЧПУ.

Но и этот мощный набор функций бледнеет перед обязанностями центрального компьютера (третий уровень), который занимается вопросами организационнохозяйственного управления производством. Это он реализует выработку графиков загрузки оборудования.

"Мозг" этого "мозга" - математическое обеспечение

системного управления - есть не что иное, как комплекс программ, что-то вроде операционной системы, реализующей управление всеми задачами системы: управление материально-производственными запасами (складами), управление станками, управление роботами, управление человеко-машинной связью, календарное, оперативное планирование и т. п. А над всем этим парит на недосягаемой высоте система автоматизации проектирования и технологической подготовки производства.

Это интеллект завода-робота, который "придумывает" новые виды продукции и "продумывает" технологию их изготовления. Такой завод можно смело назвать не только роботом, но и введенным нами для роботов-интеллектуалов именем - кибер.

Какие же черты именно кибера проглядывают в этом заводе-роботе? Эффекторами его являются отдельные станки, роботы и транспорт, воздействующие на производственную окружающую среду. Рецепторы же этого кибера - все те же роботы и станки, их собственные органы чувств, а также их сообщения об окончании отработки отдельных команд операций и целых программ, и наконец, сообщения о сбоях, выходе из строя, ошибках адресации и т. п. Проблема с поиском интеллектуального мозга этого кибера решается просто - им будет центральный компьютер, имеющий связь с оператором "директором" завода. Что касается целесообразного поведения этого кибера на рефлекторном, или же адаптивном, уровне, то степень его интеллектуальности как бы делит возможные конструкции таких заводов на три возрастающих уровня мощности интеллекта, которые удобно представить в виде привычного нам деления поколений.

Обучаемый принцип управления завода-робота первого поколения аналогичен принципу обучения и управления простого робота первого поколения. При переходе к выпуску новых видов продукции квалифицированные операторы осуществляют индивидуальное программирование роботов, станков с ЧПУ, транспорта, склада и т. д.

Управление с обратной связью завода-робота второго поколения обеспечивает не только оперативное реагирование с перестройкой технологического цикла при всевозможных сбоях и поломках, но и централизованное перепрограммирование роботов, станков и прочих элементов технологии с помощью перераспределения заранее заданных и хранящихся в компьютерной памяти программ. Это своеобразный аналог принципа "ситуация реакция". Разумеется, при переходе к совершенно новым изделиям нужно добавлять недостающие программы, то есть расширять набор классов ситуаций.

Адаптивное интеллектуальное управление заводомроботом

третьего поколения обеспечивает, кроме всего вышеперечисленного, автоматический переход к выпуску новой продукции. Он осуществляется путем выдачи задания подсистеме проектирования и технологической подготовки производства. Она, в свою очередь, не только проектирует новое изделие и технологию его изготовления, но и создает программы непосредственного управления всеми производственными элементами: роботами, станками, транспортными системами, системами изготовления и замены инструментов, автоматическими хранилищами и т. д. и т. п.

СЕГОДНЯШНИЕ "ЗАВОДЫ БУДУЩЕГО"

"Поколения поколениями, - скажет вдумчивый читатель, - но хорошо бы увидеть хотя бы одну работающую систему, так сказать, ощутить идею в натуре".

Рассмотрим примеры уже работающих систем, подобных или приближающихся к концептуальной схеме завода будущего.

Начнем с прообраза такого робота - обрабатывающего центра. Идея его зиждется на принципе "все делается в одном месте". Обычно процесс производства средней детали состоит из нескольких основных формообразующих операций: сверлильной, токарной, фрезерной, шлифовальной и т. п., и обычная схема изготовления такой детали следующая. Берется четыре станка, каждый из которых выполняет одну какую-либо операцию. Установим эти станки в мало-мальски типовой последовательности. Поставим роботы-манипуляторы, накопители и т. и. - и участок готов. Можно пойти и другим путем. Создать универсальный станок, который об12 В. Бусленко jy ладает целым набором инструментов: несколько десятков сверл и фрез, шлифовальных дисков и т. п. Станок снабжен специальным поворотным столом, жестко закрепляющим деталь, вращающим и подающим ее в разнообразных направлениях. На таком обрабатывающем центре можно одновременно делать несколько операций, например сверлить и фрезеровать. Обрабатывающий центр - прямой потомок станков с ЧПУ - следующее поколение станочного парка.

Если поставить несколько станков типа "обрабатывающий центр", соединить их манипуляторами и транспортной системой, получим робототехнический участок.

Для адекватного управления им нужна современная мини-ЭВМ.

Рассмотрим, например, систему ROTA - FS-200, созданную на станкостроительном комбинате имени 7 Октября в Берлине. В ней магазин накопитель деталей выполнен в виде двух стеллажей, между которыми движется робот-загрузчик. Все

восемь станков системы работают согласованно, подчиняясь командам единого вычислительного центра. Каждый станок, кроме того, снабжен собственным устройством автономного управления и роботом-загрузчиком. Этот робот подает заготовки из промежуточных магазинов и возвращает в них обработанные детали, меняет инструмент и элементы оснастки.

Промежуточные магазины играют роль своеобразных контейнеров, в которых детали и инструмент циркулируют по транспортной сети системы, они перемещаются с помощью специального подъемного механизма. А конечной станцией сети является центральный накопитель, устроенный также в виде двух стеллажей, между которыми движется штабелер-погрузчик. Контроль за работой всей системы ведется с центрального пульта управления.

По сравнению с обычным станочным парком такие автоматизированные комплексы позволяют сократить численность обслуживающего персонала на 70 процентов, вдвое уменьшить производственные площади и повысить производительность труда на 300 процентов.

В Болгарии разработан проект автоматизированного производства деталей типа тел вращения. Составной единицей производства является модуль МС-РСД, демонстрировавшийся в действии на выставке в Москва "Болгария - 30 лет по пути социализма". Модуль МС-РСД включает в себя токарный станок модели СЕ062 "Perun" с ЧПУ и автоматической сменой режущего инструмента, манипулятор, специальную тару, несущую партию заранее ориентированных деталей и загрузочную станцию. Манипулятор выполняет загрузочно-разгрузочные операции, имеет грузоподъемность 80 килограммов и перемещается от загрузочной станции к шпинделю станка. Он состоит из салазок, перемещающихся посредством гидромотора параллельно оси шпинделя станка, из загружающих и разгружающих рук, приводимых в движение гидроцилиндрами. Управление осуществляется малой ЭВМ, ИЗОТ-0310.

Болгарскими специалистами разработано также автоматизированное производство для сложнейших корпусных деталей, состоящее из сверлильно-фрезерно-расточных обрабатывающих центров. Особенностью производства является отсутствие склада. Подлежащие обработке заготовки с помощью напольной каретки, перемещающейся по проложенным вдоль ряда станков направляющим рельсам, сразу же поступают в позиции ожидания соответствующих станков.

Внедрение системы "Sistem-2790" на одном из машиностроительных заводов Болгарии позволило при том же

количестве рабочих увеличить объем выполненных работ на 50 процентов и сократить продолжительность их выполнения более чем в 1,5 раза. Другой роботизированный участок, ROTA-200, предназначен для централизованного изготовления зубчатых колес с наружным диаметром 60-200 миллиметров партиями по 30- 40 штук. Производительность участка - 200 тысяч деталей в год. Он состоит из двух подсистем: токарной обработки, шлифования баз и протягивания внутреннего профиля, а также обработки зубчатого венца. Восемь станков участка расположены по обе стороны от транспортной складской системы, которую обслуживает штабелер, управляемый от ЭВМ или с пульта. Детали транспортируются по участку в магазинах емкостью по 24 или 48 штук в зависимости от размеров.

Заготовки вручную устанавливаются в специальные патроны и ориентируются по предварительно просверленным отверстиям. Данные о заполненных магазинах вводятся в ЭВМ, после чего штабелер устанавливает их в одну из ячеек в начале транспортной складской системы. Для хранения магазинов с заготовками и обработанными деталями в начале и в конце системы предусмотрены специальные секции по 12 магазинов в два этажа. Работу участка планирует ЭВМ типа РЗОО, которая каждые 7-10 дней рассчитывает предварительную программу работы участка. Непосредственно управляет работой участка малая ЭВМ типа KRS-4100.

В нашей стране наряду с аналогичными разработками осуществляются проекты и более крупных масшта бов, где роботы активнее участвуют в самом процессе производства, осуществляя не только транспортировку, но и сборку и даже контроль изделий. География их весьма обширна, а объем грандиозен. Петрозаводск и Орел, Таллин и Тарту, Смоленск и Тольятти...

Около двухсот автоматических манипуляторов занимаются сборкой часов в объединении "Петродворцовый часовой завод". Это сообщество роботов, создатели которого были удостоены Государственной премии СССР, освободило от монотонной работы 500 человек. На этом предприятии сборку точнейших механизмов для всей годовой программы - а это около четырех миллионов штук наручных часов - взяли на себя автоматические манипуляторы. В результате производительность труди увеличилась в шесть раз, в шесть раз возрос и объем продукции, отмеченной государственным Знаком качества. В корне изменился и характер труда. В сборочном цехе этого завода вы не увидите традиционных конвейеров с рядами склонившихся над ними работниц. Главной фигурой в нем стали наладчики и операторы высокой квалификации, обеспечивающие

бесперебойную работу оборудования.

Приборостроение является еще одной отраслью, где комплексная автоматизация привела к созданию роботов-цехов и роботов-участков. Приборостроение, кстати, было первой отраслью, где роботехнические комплексы встретили буквально с распростертыми объятиями.

Ибо никакая другая техника не могла превратить поточные линии в экономичные, быстропереналаживаемые автоматические производства. Приборостроение отличает огромная номенклатура выпускаемых изделий десятки тысяч наименований, - а также большой удельный вес сборки, на которую приходится более половины всех трудоемких операций.

Дольше всех не поддавалась автоматизации транспортировка деталей от агрегата к агрегату, а также их загрузка и выгрузка, поскольку наибольшую сложность при этом представляла "стыковка" роботов с уже установленными в цехах поточными линиями. Тогда-то у проектировщиков и родилась мысль о необходимости создавать такие комплексы, для которых технологическое оборудование проектировалось бы совместно с роботами.

Первой ласточкой среди предприятий подобного рода стал освоенный в орловском производственном объединении "Промприбор" комплекс контроля терморегуляторов для домашних холодильников.

Изготовление деталей терморегулятора, их сборка, настройка, а также пайка, мойка, вакуумная сушка, контроль герметичности, сварка и другие операции, вплоть до окончательной сборки, полностью автоматизированы. Все этапы технологии, объединенные транспортной системой, управлялись комплексом на базе машины М-6000. Загрузку и выгрузку оборудования вели 34 промышленных робота ПР18-2, имеющие четыре степени подвижности и высокую точность позиционирования (+0,1 мм).

Рассчитанный на выпуск трех миллионов приборов в год, этот комплекс высвободил 400 человек и дал годовой экономический эффект 800 тысяч рублей.

Достижение орловских приборостроителей вдохновило их эстонских коллег, которые в 1981 году разработали роботизированный комплекс для изготовления электроизмерительных приборов. За основу приняли робот ПР5-2 с пятью степенями подвижности. В 1981 году на таллинском ПО "Промприбор" внедрена линия сборки, на которой работают восемь роботов. Еще более массовое применение подобного оборудования началось в 1983 году, когда вошел в строй цех по

выпуску индикаторов уровня звукозаписи. В его составе действует 20 транспортных модулей и 40 роботов. Это высвободило 700 человек и дает экономический эффект в 23 миллиона рублей.

Создавая переналаживаемые многономенклатурные производства, приборостроители разрабатывают роботизированный участок по изготовлению шестерен для электрических исполнительных механизмов. Участок, состоящий из шести токарных станков с ЧПУ, вертикально-фрезерного станка, пяти зубодолбежиых полуавтоматов, восьми промышленных роботов, двенадцати подъемников-накопителей, вступит в эксплуатацию в 1985 году. Он будет обрабатывать шестерни семи различных диаметров.

Специально для переналаживаемого комплекса приборостроители разрабатывают новый промышленный робот с электроприводом. У него пять степеней подвижности, повышенная точность позиционирования (+0,5 мм), высокие скорости перемещения (до 1 м/с), а также небольшие габариты и вес. Характеристики улучшены благодаря использованию малоинерционных двигателей постоянного тока, волновых редукторов, кодовых фотоэлектрических датчиков. Проходящие сейчас испытания макетного образца робота показали, что его можно будет использовать для сварочных и окрасочных работ.

Сейчас в отрасли разрабатывается оборудование для переналаживаемых сборочных производств. В линии сборки термовентилей, внедренной на Тартуском приборостроительном заводе, уже успешно опробован несинхронный транспортер и обслуживающие его семь промышленных роботов, а также другое оборудование.

Одновременно прорабатывается вариант гибкой переналаживаемой сборочной системы сотового типа для сборки свыше тысячи модификаций манометров. Центральным узлом системы является многоэтажный поворотный магазин, в ячейках которого хранятся заготовки, оснастка, инструмент и готовые изделия. Передачу деталей от магазина к транспортным и технологическим модулям осуществляют промышленные роботы.

Подобная система позволяет лучше использовать объем производственных помещений, допускает она и частичную переналадку производства без полной его остановки.

В настоящее время в чекобсарском ПО "Промприбор" уже действует переналаживаемый робототехнический комплекс (РТК) горячей штамповки для деталей диаметром от 7 до 20 миллиметров. В смоленском ПО "Искра" внедрен РТК трафаретной печати. Во всех случаях переналадка на новый тип заготовки занимает не более одного часа.

В соответствии с принятой в отрасли комплексной программой предусмотрено в одиннадцатой пятилетке создать и внедрить в производство свыше 700 робототехнических комплексов, в которых будут работать около трех тысяч промышленных роботов.

Всего же в отрасли их должно быть внедрено 30 тысяч.

САМОВОСПРОИЗВОДСТВО?!

"Самовоспроизводство" - довольно претенциозное слово, особенно в книге о роботах; и дотошный читатель, видимо, уже насторожился, вытащил из колчана пару стрел-аргументов, натянул лук остроумия и приготовился сражаться за тезис о том, что самовоспроизводство - функция только живой материи. Мы не будем вести спор на эту вечную кибернетическую тему. А просто поведем речь о заводе, на котором роботы делают роботов.

На заводе компании "Фанук", разместившемся в желтых зданиях в сосновом бору близ Фудзиямы, автоматические центры механической обработки и роботы по ночам, как правило, работают без присмотра. Только вспыхивают тусклые голубые сигнальные огоньки, когда автоматические тележки, словно призраки, двигаются в полумраке. Этот завод, один из двух, составляющих фудзиямский комплекс, изготавливает детали для роботов и станков (которые, однако, собираются вручную). За механической обработкой, происходящей на площади в 16 тысяч квадратных метров, наблюдает по ночам один-единственный оператор, следящий за работой машин на дисплее. Когда что-то выходит из строя, он может отключить данный участок, в то время как работа на остальных может продолжаться.

Некоторые специалисты считают фудзиямский комплекс фирмы "Фанук" лишь своего рода витриной. Общая стоимость этого завода составила примерно 32 миллиона долларов, включая стоимость 30 секций механической обработки, состоящих из станков с компьютерным управлением, обслуживаемых роботами, из манипуляторов, переносящих материалы, из мониторов и из программируемого контрольного устройства, координирующего весь процесс. "Фанук" подсчитала, что ей, вероятно, потребовалось бы в десять раз больше капиталовложений, чтобы иметь тот же выход продукции при обычном оборудовании. Кроме того, потребовалось бы в десять раз больше работников. Сейчас их около ста человек. На этом заводе один работник наблюдает за десятью секциями механической обработки; остальные заняты техническим уходом и сборкой. В целом завод примерно в пять раз производительнее, чем такой же завод при обычном оборудовании.

На другой стороне улицы помещаются 60 секций

механической обработки. Там же действует 101 робот.

В большом двухэтажном здании ведется автоматическая обработка и сборка. Общий объем продукции - 10 тысяч электромоторов в месяц. Люди здесь работают лишь днем, выполняя обязанности по техническому уходу. Роботы работают всю ночь в тишине, нарушаемой только "вздохами" гидравлических прессов и жужжанием автоматических тележек. На первом этаже этого завода расположены все секции механической обработки и 52 робота. Завод обрабатывает детали примерно 900 типов и размеров партиями от 20 до 1000 комплектов.

После механической обработки детали временно попадают на склад, откуда их потом автоматически извлекают для сборки, производимой на втором этаже.

Фирма "Ямадзаки мэшинери" имеет основанный на использовании роботов завод близ Нагой, изготавливающий детали токарных станков с машинным цифровым управлением, и центры механообработки; последние объединяют несколько металлообрабатывающих станков и автоматические приспособления для замены инструмента. В дневное время на этом заводе занято двенадцать рабочих. По ночам машины продолжают работать под наблюдением лишь одного дежурного оператора.

Обычная система механической обработки аналогичной производственной мощности, по данным этой компании, потребует двести пятнадцать работников и почти в четыре раза больше машин, и, кроме того, для изготовления деталей, которые новый завод выпускает за три дня, потребовалось бы три месяца.

Еще один автоматизированный завод фирмы "Ямадзаки" будет введен в строй в близком будущем. Все шестьдесят пять станков нового завода с машинным управлением и тридцать четыре робота будут связаны между собой с помощью волоконно-оптического кабеля.

Конструкторское бюро, тоже с машинным управлением, находится в главной конторе. Оттуда можно дать заводу команду изготовить требуемые детали, инструмент, рабочие приспособления, закладывая в память ЭВМ названия различных образцов. Требуется лишь нажать несколько кнопок, чтобы пустить всю систему.

На заводе будет занято двести пятнадцать человек вспомогательного персонала. Для выпуска планируемого объема продукции на обычном заводе потребовалось бы две с половиной тысячи человек.

В Западной Европе, которая сильно отстает не только от

лидера роботизации Японии, но и от СССР, находящегося на втором месте в мире, также ведутся разработки роботизированных цехов.

Первая такая система вступила в строй в прошлом году в Крюкерке (Англия). Она связывает совокупность механообрабатывающих станков в одну полностью интегрированную производственную ячейку и включает в себя системы с ЧПУ для смены инструментов обработки, управления процессом в реальном масштабе времени и автоматического передвижения обрабатываемых изделий по цеху.

В Колчестере (графство Эссекс) открылся первый в Англии полностью автоматизированный завод, где роботы и ЭВМ делают, по существу, все. Персонал, который там занят, - это горсточка операторов, включающих оборудование и присматривающих, чтобы работа шла гладко.

Результат всего этого - сокращение затрат времени на обработку, уменьшение количества производственных запасов и, само собой разумеется, экономия трудовых затрат.

Завод в Эссексе производит разнообразные шпиндели, шестерни и колеса. Вдоль ленты непрерывного конвейера, по которому перемещаются обрабатываемые заготовки, выстроилась цепочка автоматических станков.

Они загружаются роботами, управляемыми с помощью датчиков, ЭВМ и экранов видеодисплеев.

Такая робототехническая система идеальна для мелкосерийного производства: теперь на складе готовой продукции можно иметь ограниченное число деталей, которые уходят оттуда в течение непродолжительного времени. Упор здесь делается, как и во всех гибких системах, на способность быстро реагировать на изменения конъюнктуры путем изменения количества и ассортимента продукции.

Завод в Колчестере станет, с одной стороны, выпускать товарную продукцию, а с другой - служить в качестве показательной гибкой производственной системы для других фирм.

Несколько машиностроительных предприятий, главным образом аэрокосмической и моторостроительной промышленности, уже ввели в строй свои собственные автоматизированные производства. Однако в отличие ог колчестерского предприятия эти заводы не являются полностью автоматизированными и гибкими производственными системами в подлинном смысле слова.

Фирма "Роллс-Ройс" переоборудует бывшее трамвайное депо в Дерби в автоматический завод по изготовлению турбинных

лопаток для двигателей самолета "Боинг-757". Эти двигатели имеют свыше двухсот разновидностей лопаток для турбин. Из-за того, что проводится двухгодичная программа совершенствования двигателей, затраты времени на освоение новой продукции значительны и дорогостоящи. Роботы уменьшат их вдвое.

На заводе этой фирмы работает семь ячеек с роботами. Они соединены между собой конвейером. Там осуществляется пятнадцать этапов обработки турбинных лопаток. Изготовление каждой лопатки обычно занимало шесть минут. Теперь же это время сократилось до сорока пяти секунд, и шесть человек выполняют работу тридцати. К настоящему времени компания повысила выработку на одного работающего на 28 процентов и к 1984 году ставит своей целью ее повышение на 40 процентов.

Аэрокосмичеекая фирма "Нормалэйр-Гэррит" решила строить новый автоматизированный завод в Крюкерне. Там роботы и управляемые микропроцессорами тележки будут приспособлены для транспортировки заготовок по технологическим маршрутам между крупными станками. Отливки и необработанные заготовки заходят в систему с одного конца и выходят оттуда в виде готовой продукции.

По оценке фирмы, выработка, то есть объем произведенной продукции, на одного работающего, которая раньше была обычно на уровне 67 тысяч фунтов стерлингов в год, благодаря автоматизации повысилась до 210 тысяч фунтов стерлингов. Длительность производственного цикла сократилась с четырех месяцев до двух недель, а оборачиваемость складских запасов стала быстрее примерно в шесть раз. Фирма затратила на новый завод миллион фунтов стерлингов, но зато теперь имеет там только двух или трех операторов в каждой смене.

Следующая гибкая система, которая войдет в строй в Великобритании, это СКЭМП. Она начнет работать в начале этого года.

СКЭМП - автоматический токарный агрегат для производства деталей новой модели токарного станка.

Он состоит из девяти машин: двух автокаров, двух обрабатывающих центров для токарной обработки с ЧПУ, зубострогального, зубофрезерного, шлифовального станков, а также станков для развертки отверстий и доводки зубьев шестерен. Заготовки циркулируют по системе, п"- тешествуя на конвейерных тележках. Их загрузку и выгрузку возле каждого пункта обработки будут производить роботы системы "Сиробот".

Каждый обрабатывающий центр обслуживается парой особых магазинов для конвейерных поддонов, которые загружаются с помощью одной-единственпой транспортной тележки,

управляемой по высокочастотному кабелю (он проложен под полом). С помощью гележки осуществляется также сообщение с пунктом загрузки-выгрузки.

Компания "Эндерсон Стоэфклайд" будет использовать эту систему для изготовления коробок скоростей и других узлов выпускаемых ею разнообразных угольных комбайнов. Будет изготовляться одновременно четырнадцать различных деталей. Система должна полностью включиться в работу к концу 1984 года.

Возможность увидеть завод-робот в натуре за работой предоставили корреспонденту "Известий" К. Рашидову руководители японской компании "Фудзицу, Фанак", пригласив посетить ее завод "Хино". Вот что он пишет:

"Роботы производят компьютеры и массу самых различных деталей машин, из которых собирают затем себе подобных роботов. Правда, еще не без помощи людей. Но уже через два-три года, по словам директора завода, рабочие уйдут и из сборочного цеха. А пока их здесь шестьдесят человек. Они монтируют роботов. И все же вернее будет сказать - помогают делать это сложнейшему электронному комплексу, состоящему из обладающих уникальной памятью и другими редкими способностями компьютеров и расторопных роботов, захватывающие устройства которых удивительно напоминает человеческие руки.

Механическая рука предельно точна - расхождение равняется здесь плюс-минус 0,05 миллиметра. Но и эгу символическую ошибку робот исправляет в момент захвата деталей. Поражают также плавность и особая мягкость в движениях, которые, казалось бы, дол/кны быть чужды "железной лапе". Может быть, поэтому каждый из металлических гигантов, кроме общего официального названия "Фанак", носит и ласкательное собственное имя. В одном из цехов завода "Хино", выпускающего специальные моторы - механические "сердца" роботов, - мы увидели "хризантему", "лилию", "азалию" и других роботов, выстроившихся в два ряда вдоль обслуживаемых ими станков.

Рядом аккуратными столбиками разложены детали.

По одну сторону - заготовки, по другую - готовая продукция. Подхожу к роботу, на "груди" которого иероглифами и латинскими буквами выведено "Сумирэ", что в переводе означает "фиалка".

Безусловно, и прямоугольное вращающееся "туловище", установленное на вертикальной винтообразной "ноге", и выступающая из него механическая "рука" ничем не напоминают известный цветок. Разве только своей бордово-желто-белой

окраской. Но, понаблюдав за роботом даже несколько минут, невольно проникаешься симпатией к этому неутомимому труженику. И собственное имя этой "фиалки Фудзицу" уже не кажется столь неуместным, как прежде. А работает "фиалка" действительно виртуозно, чрезвычайно ловко выполняя не только обязанности фрезеровщика, но и любые трудоемкие функции человека на данном участке.

И все же робот лишь копирует движения рабочего и не в состоянии что-либо "добавить" в процесс от себя.

Некоторое исключение составляет, пожалуй, лишь способность при любом варианте программы моментально выключить станок и свой "мозг" - компьютер - при аварийных ситуациях.

"В основном на это и делается расчет, когда ночью роботы остаются полными хозяевами в цехах", - подчеркнул Х. Ситида.

Известный у себя в стране и за рубежом специалист по роботизации производства, он скорее буднично, чем увлеченно, рассказывает о том, что из всех ста работающих здесь человек только один несет ночное дежурство на пульте управления. Остальные трудятся в одну смену с коротким перерывом на обед.

- А вдруг, - спрашиваем, - ночью произойдет какое-нибудь ЧП? Есть ли на такой случай дублер у дежурного, чтобы срочно приехать на завод?

Ответ однозначен: такого человека нет. Потому что в этом нет необходимости. Всем, что нужно для работы, роботы снабжаются с вечера, а в случае какой-либо неисправности компьютер сразу же принимает нужные меры по отключению и изоляции поврежденного участка. За все время работы завода, добавляет наш собеседник, то есть ровно за год, лишь однажды был зафиксирован ночной "прогул" одного из роботов, остановившегося из-за нарушения режима работы.

- А если сильное землетрясение в ночное время?

И, как обычно, сопровождаемое отключением электроэнергии?

По словам Х. Ситиды, против стихийных бедствий ничего специального здесь не придумано. Но если исчезнет на какое-то время ток, это не нарушит запрограммированного цикла работ. Компьютеры снабжены специальной "памятью", которая фиксирует заданную программу на прерванном месте, а затем продолжают работать над ней без всякого вмешательства извне.

Кроме ста роботов, установлено семьдесят пять сложнейших компьютеров и столько же различных металлорежущих станков. Вся эта электронная техника и позволяет каждому работающему здесь специалисту, если говорить условно, выполнять норму

пятнадцати рабочих.

Иными словами, на обычном предприятии, выпускающем такое же количество продукции аналогичного ассортимента, но без роботов, понадобилось бы не сто, как здесь, а тысяча пятьсот человек.

...Паренек лет девятнадцати, держа в руке небольшой прибор, напоминающий настольную счетно-вычислительную машинку, обходит ряд роботов. Останавливается он у каждого из них буквально на несколько секунд, нажимая при этом на нужные клавиши. Когда он поравнялся с нами, заглядываю ему через плечо: на зеленом электронном табло - очередная программа для "фиалки", набор цифр. Робот послушно переходит на новый режим работы. На весь цех я насчитал трех программистов-наблюдателей. После дневной смены все трое, как нам объяснили, уходят, заранее запрограммировав роботов и обеспечив их деталями до утра.

- Сколько времени требуется на обучение программистов?- На этот раз "интервью на ходу" дает нам С. Като, один из директоров компании "Фудзицу Фанак". Он подробно рассказывает о существующей здесь системе подготовки кадров, которая в основном замыкается на специализированных курсах, как краткосрочных - до месяца, готовящих программистов, так и технических, где обучение идет по более расширенной программе.

Компания "Фудзицу Фанак" - одна из крупнейших в мире среди занимающихся выпуском роботов и управляющих ими компьютеров. Предприятие этой компании, "Хино" например, обладает проектной мощностью в три тысячи такого вида компьютеров в месяц, что составляет более половины их мирового производства. Другая продукция завода - уникальные моторы, механические "сердца" роботов. Они выпускаются трех типов и тридцати пяти разновидностей. Месячная производительная мощность - до десяти тысяч штук.

Каков процент брака на заводах? В ответ на этот вопрос здесь называют цифру - 0,03 процента.

Г-н С. Като подчеркивает также, что главный девиз компании максимальная производительность труда при минимальном использовании рабочей силы. Сейчас на обоих предприятиях корпорации трудятся девятьсот пятьдесят человек, из них более двухсот занимаются дальнейшей научно-технической разработкой производства. Двести человек, выезжая на место, осуществляют техническое обслуживание проданных роботов, компьютеров и моторов. Только в Японии компания имеет двести шесть пунктов обслуживания, не считая тех, что открыты в США, ФРГ, Франции,

Англии и других странах.

В связи с этим уместно привести еще один факт, свидетельствующий о непрерывном научно-техническом поиске. В ближайшем будущем, вполне зримом, как нас заверили, необходимость в выездных бригадах технической помощи отпадет совсем. Такая помощь будет оказываться роботам прямо с завода, по телефону.

Днем цехи заводов выглядят отнюдь не безлюдными. И хотя человек нигде не стоит непосредственно за станком или даже на одном месте, роль его, несомненно, принизить нельзя даже на таком в общем-то уникальном производстве. Одетые в фирменные куртки или комбинезоны желтого цвета, люди на первый взгляд неприметно делают здесь главное. Если сказать образно, они, словно врачи, постоянно вдыхают жизнь в послушные только их воле и приказу автоматы, программируют их деятельность, регулярно контролируют их "пульс", оказывая "скорую помощь" во всех случаях "недомогания". Словом, люди держат весь этот электронный организм под своим неусыпным надзором".

Профессор Токийского политехнического института Я. Умэтани, конструктор роботов, считает: "Промышленный робот, я бы сказал, уже достиг своей технологической зрелости, чтобы хорошо служить человеку. Это обеспечено умелым и эффективным сочетанием механических и электронных факторов, которые несет он в себе. В таких роботах нуждается промышленность. Они нужны людям, чтобы освободиться им от вредной для здоровья, а также трудной физической работы. Моя мечта создать такой робот, движения которого были бы такими же гибкими, эластичными, мягкими, как у живых существ, например, как у змей, с той лишь разницей, что "мозг" у него будет электронным..."

До этого, судя по всему, еще весьма и весьма далеко. Тем не менее роботы уже вошли в цехи японских предприятий и уходить оттуда не собираются. Совсем наоборот: круг отраслей, в которых эти электронные "умельцы" нашли себе место, из года в год расширяется, а с ними растет и конкурентоспособность изделий с маркой "Сделано в Японии" на мировых рынках. Сегодня уже невозможно представить себе без роботов, например, ни одного автомобилестроительного предприятия Японии. И именно их появлению на рабочих местах автосборочных цехов "Ниссана" и "Тоеты" обязаны японские монополии своими победами в битвах за рынки сбыта в США и Западной Европе. Их "усилиям" во многом приписывают зарубежные конкуренты Японии свои поражения.

Разумеется, все плоды роботизации производства

присваивают хозяева компаний - как те, которые выпускают роботов, так и применяющие их. Именно поэтому широкое внедрение роботов в производство приносит монополиям все новые и новые барыши одновременно неся с собой нарастание в стране социальных конфликтов. И конфликтов, следует заметить, серьезнейших. Но это - особая тема, заслуживающая самостоятельного изучения. А пока, как свидетельствует газета "Иомиури", "по данным Международной организации труда, сейчас в Японии действует сорок шесть тысяч промышленных роботов".

2001.

ПЕРСПЕКТИВЫ

РОБОТЫ БУДУЩЕГО

"Решающее значение приобретает ныне единая научно-техническая политика, - говорил товарищ Ю. В. Андропов на июньском (1983 г.) Пленуме ЦК КПСС, нас ждет огромная работа по созданию машин, механизмов и технологий как сегодняшнего, так и завтрашнего дня".

Будущее робототехники и ее перспективы зиждутся прежде всего на перспективах развития основных составляющих роботов: его эффекторов, рецепторов и интеллектуального "мозга". Однако мы намеренно обеднили бы наш разговор, если бы ограничились лишь таким чисто формальным приемом прогнозирования. Кроме перспектив развития составляющих роботов, следует коснуться перспектив расширения их "жизненных интересов" - проникновения роботов в нашу жизнь.

На протяжении всей книги мы намеренно ограничивали себя, ведя изложение лишь о достижениях сегодняшнего дня, касаясь внедренных и внедряемых разработок, описывая уже функционирующие экспериментальные или опытные образцы. Нигде мы не переходили грань, отделяющую действительность от фантазии. Только в этой главе мы позволим себе немного помечтать.

Начнем с "мозга" роботов - компьютеров. Специалисты утверждают, что к 2001 году мы сможем втиснуть в один кубический сантиметр миллион миллиардов молекулярных электронных контуров, это, вероятно, больше, чем общее число всех транзисторов, изготовленных до сих пор.

Terra computera - "компьютеризованная земля" - вероятно, так не без оснований будут называть нашу планету далекие потомки. Привычный нам счетный прибор - компьютер, - несомненно, станут именовать подругому, ибо его "счетная" способность (от латинского слова compute - считать, вычислять) сменится способностью думать, рассуждать, мыслить. Возможно, его будут

величать "когитер" - мыслитель (от латинского coguto - мыслю, думаю, рассуждаю). Эти прогнозы и фантазии отнюдь не обгоняют сегодняшние факты.

Конструкторы приступили к разработке компьютера пятого поколения, который предполагается создать уже в 1990 году. Он должен обладать способностью собирать, обобщать, анализировать и классифицировать информацию, "слушать" и "понимать" человека, "говорить" с ним на его языке.

Этот проект ставит своей целью не столько достижение новых рекордов быстродействия, хотя уже запланирован один миллиард операций в секунду, сколько повышение уровня подлинной интеллектуальности компьютера. Он характеризуется как "революционный", призванный "изменить всю сферу применения ЭВМ в обществе". Не будем пытаться предсказывать последствия этой революции, на то они и революционны, подождем несколько лет - увидим.

Возможно, что к тому времени, как компьютер действительно принесет в нашу обыденность революционные изменения, сам он претерпит еще большие изменения. По крайней мере сейчас элементная база современной электроники меняется столь быстро, что уже не кажется удивительной возможность создания схем на основе... органических молекул, которые являлись бы своеобразными реле и диодами. В создание новых поколений компьютеров включаются, казалось бы, такие далекие от электроники науки, как биохимия и генная инженерия.

Представьте себе компьютер, выращенный в пробирке, синтезированный с помощью особых бактерий! В настоящее время уже ведутся эксперименты с молекулами белка, которые могут выполнять функции двоичных запоминающих ячеек - основных строительных "кирпичиков" любого компьютера. Если эксперименты увенчаются созданием подходящей для этой цели белковой структуры, то массовое производство основных счетных элементов начнется с помощью генетически сконструированных бактерий-производителей.

Целью проведения таких, кажущихся порой утопическими, работ является создание еще более миниатюрных и быстродействующих счетных машин. Ведь добиться этого с использованием обычных материалов и технических способов уже не представляется возможным.

Правда, созданные на кремниевой основе электронные схемы становились в последнее время все меньше и меньше и микрокомпьютеры достигли размеров одного микрона (миллионной доли метра). На сегодняшний день это верхний предел, технически достижимая граница. Однако в таком же

объеме пространства могли бы поместиться сотни сложных белковых молекул, и каждая из них могла бы взять на себя выполнение функций подобной микро-ЭВМ.

Одним из "кирпичиков" биологического компьютера стала бы молекула-гигант с "памятью", химическая структура которой умела бы находиться в двух состояниях и работать в двоичной системе. Один из таких "кирпичиков" уже создан: специалисты синтезировали молекулу, в которой два протона и два электрона могут перемещаться от одного конца к другому. Конечно, для создания биокомпьютера только наличия такой молекулы еще недостаточно. Необходимы химические структуры, которые работали бы как диоды, то есть пропускали бы электрический ток лишь в одном направлении.

Имеются уже довольно четкие представления о том, как должны выглядеть такие структуры: биомолекула - диод должна иметь на одном конце биоанод, а на другом - биокатод, которые будут соединены непроводящей средой.

Р. Метцгер и его коллеги из университета штата Миссисипи работают сейчас над созданием такого молекулярного диода. Проблема состоит в том, что необходимо успеть создать непроводящий "мост" до того, как химически прореагируют друг с другом части синтезированной молекулы, отдающие и принимающие электроны.

Если удастся получить хорошо действующую структуру такого рода, то на повестку дня встанет вопрос о о их массовом производстве.

Здесь традиционные химические способы были бы, вероятно, слишком дорогостоящими и сложными. Поэтому все чаще специалисты начинают задумываться над использованием нового чуда науки - генной инженерии.

В бактериях-производителях могут быть произведены такие специальные генетические изменения, что они смогут синтезировать нужную белковую конструкцию.

Однако только наличие большого числа необходимых элементов биопроцессора и биопамяти еще не создает ЭВМ. Каждый элемент необходимо разместить на своем особом месте и специальным образом соединить с другими. Ученые рассчитывают сделать это с помощью "химических проводов" биосоединений с цепочной структурой, которые могут проводить электрический ток.

Введение в компьютер необходимых данных и получение информации будут осуществляться с помощью точно сфокусированных световых лучей. Специалистам уже удался первый шаг в нужном направлении: они изгото вили

"полубиологический" полупроводник, обрабатывая слой белка толщиной в одну молекулу парами атомов серебра.

Не менее фантастичны и перспективы развития эффекторов робота - его исполнительных органов.

В будущем, возможно, это будут управляемые электромагнитные поля, ловко и точно "перебрасывающие" тяжелые детали.

Исходя из уже достигнутого уровня современной промышленной технологии, нетрудно себе представить робота с исполнительным органом в виде силовой лазерной установки, и это не фантастика, ведь такой "плазменный нож" уже работает. Он создан сотрудниками Ленинградского политехнического института. Раскаленная струя ионизированного газа размягчает любой, даже сверхтвердый сплав, а следующий за ней резец легко снимает его верхний слой. Такие плазмотроны могут устанавливаться на металлорежущих станках всех типов.

За последнее десятилетие производительность лазерного промышленного оборудования возросла более чем в тридцать раз.

Лазерный луч по своим свойствам - уникальный тепловой источник. Он способен нагреть облучаемый участок детали до очень высоких температур за столь малое время, в течение которого тепло практически не успеет растечься. Нагреваемый участок при этом может быть размягчен, рекристаллизован, расплавлен, его можно вообще испарить. Дозируя тепловые нагрузки путем регулирования мощности и продолжительности, можно обеспечить любой вид термообработки: лазерный луч используется для поверхностной закалки, легирования (внесения примесей), для плавления при сварке, для испарения с выбросом паров при резке и сверлении.

Лазерный луч не загрязняет обрабатываемую поверхность. Он дает возможность сверхточной прецизионной резки и сверления материалов, вообще не поддающихся механической обработке, таких, как композиты и сверхтвердые сплавы, керамика, изделия порошковой металлургии. В отличие от интенсивного электронного пучка он не требует вакуума и биологической защиты. Конечно, он не лишен и недостатков, особенно в начале своей карьеры: это еще сравнительно низкий КПД, высокая стоимость и пока еще недостаточная мощность лазеров, указывает один из создателей лазера, академик Н. Басов, лауреат Государственной и Нобелевской премий.

Советские физики и инженеры разработали много экспериментальных и опытных образцов технологических лазеров. Они действуют на опытных участках и в базовых лабораториях промышленных предприятий и отраслевых

институтов. Такие участки появились на московских заводах имени Лихачева и имени Ленинского комсомола, ВАЗе, Череповецком металлургическом и Балтийском судостроительном имени Орджоникидзе заводах; в объединении Тулачермет, на других предприятиях, ускоряется подготовка к внедрению новой технологии, отрабатывается техника, обучаются кадры.

Однако широкое внедрение перспективной лазерной технологии не сводится только к созданию "хороших" квантовых генераторов для конкретных производственных целей - это, как говорится, полдела. Опыт показывает, что для успеха всего дела надо интенсивно разрабатывать специализированное технологическое оборудование, включающее лазеры, станки и роботы, необходимо выпускать полностью автоматизированные, оснащенные роботами лазерные технологические комплексы, создавать гибко перестраиваемые автоматизированные производственные системы на основе лазерной и вычислительной техники. "Облик лазерной промышленности будущего должен вырисовываться уже сегодня", - говорит Г. А. Абильсиитов, директор Научно-исследовательского центра по технологическим лазерам АН СССР, член координационного Совета по программе "Создание и производство лазерной техники для народного хозяйства".

Ведутся разработки лазерной технологии и за рубежом. В нынешнем году одна из японских исследовательских лабораторий в области машиностроения, субсидируемая правительством, планирует продемонстрировать небольшой "завод будущего", где станки, оснащенные лазерами, поднимут автоматизацию производства на новую, более высокую ступень. Эти станки будут осуществлять процессы обработки металлов, такие, как токарная обработка, сверление, фрезерование, выполняемые сейчас по отдельности, одновременно. Это сократит в два раза время, требуемое на механическую обработку деталей партиями, и на 60 процентов уменьшит число производственных процессов. Директор лаборатории М. Канаи говорит, что упомянутые новейшие станки появятся в промышленности не раньше, чем через трипять лет.

Разнообразные рецепторы роботов во много раз превзойдут "числом и умением" наши человеческие чувства.

Взаимодействие человека и робота поднимется на новую ступень.

Пишущие машинки без клавиатуры, печатающие "с голоса", системы регулирования движения, которые будут помогать водителю в выборе маршрута движения и сообщать ему о

неожиданно возникающих на автострадах заторах, вот некоторые из технических идей, реализация которых, вероятно, будет осуществлена к концу столетия.

"Общаться" с компьютерами, дисплеями, справочными бюро на базе ЭВМ и "банков памяти" станет предельно легко. Даже тот, кто не владеет специальными знаниями в области программирования и ЭВМ, просто скажет машине, чего он хочет, и получит ответ устно, а если пожелает, и письменно.

Вот самый фантастический пример "взаимопонимания" человека и машины.

Этот необычный эксперимент, который проводится в одной из лабораторий Станфордского исследовательского института в США, напоминает сцену из фантастического фильма. В небольшой изолированной кабине перед телевизионным экраном сидит человек в опутанном проводами шлеме и напряженно всматривается в белую точку в центре экрана дисплея. Неожиданно эта точка оживает и начинает быстро ползти вверх, затем, остановившись на мгновение, снова опускается вниз.

Движения маленькой точки означают одно из самых поразительных достижений в кибернетике - создание компьютера, читающего человеческие мысли. Сконструированный по проекту нейрофизиолога и инженера-электроника Л. Пиннео, этот прибор сможет, по мнению автора, решить сложную проблему быстрой передачи информации компьютеру.

Сначала Л. Пиннео, как и многие исследователи, пытался научить компьютер различать человеческую речь. Но потом ему пришла в голову фантастичная мысль попробовать более прямой метод. За основу был взят электроэнцефалограф, применяемый в медицине для снятия биотоков с различных участков мозга. Если человек может различать характер биотоков, порождаемых различными мыслями или словесными приказами, то почему нельзя научить это делать компьютер?

Определить, каким командам соответствуют определенные биотоки, было довольно просто. Но оказалось, что одна и та же команда у разных людей выглядит на энцефалограмме по-разному. Чтобы решить эту проблему, Л. Пиннео вложил в память ЭВМ большое количество образцов одной и той же команды. Если компьютер сталкивался с новым человеком, он отыскивал в своей памяти образец наиболее похожих биотоков.

Л. Пиннео обучил свой компьютер различать семь команд: "вверх", "вниз", "влево", "вправо", "медленно", "быстро" и "стоп". В опытах, где участвовали двадцать пять человек, компьютер угадал правильно 60 процентов команд. Возможно к 2001 году следует ожидать появления своеобразных "роботов-телепатов".

На высшую ступеньку поднимется и комплексная автоматизация производства. Безлюдные заводы, выполненные на основе роботов-манипуляторов или на базе других принципов, станут так же распространены и привычны, как сейчас промышленные манипуляторы.

Однако они будут кардинально отличаться от них степенью интеллектуальности. Созданные из типовых элементов, гибких производственных модулей и унифицированных блоков программного обеспечения, они будут объединены каналами связи в комплексные сети, подобные существующим уже сейчас сетям ЭВМ. Это позволит решать задачи глобального планирования и кооперированных поставок на уровне не только недостижимом, но и немыслимом на сегодняшний день.

ПРЕОБРАЖЕННЫЙ ТРУД

Роботизация будущего настолько преобразит лицо древних профессий, что мы будем воспринимать их сегодняшнее состояние как невообразимую архаику. Кто может представить себе в деталях нелегкий труд ломового извозчика? Зато работу его потомка-шофера ценит и уважает каждый. Мог ли вообразить педантичный бухгалтер, как изменят его труд непогрешимые компьютеры. Сможет ли предположить сегодня земледелец, тракторист и комбайнер, как коллега-робот ненавязчиво "оттеснит" его сначала в уютную кабину диспетчера, следящего за бегающими по дисплею текстами, а затем и вовсе за пределы обрабатываемых территорий, в кабинет агронома, селекционера, генетика.

Рассмотрим перемены, которые ждут нас на колхозных полях XXI века.

Вместо привычного разнообразия сегодняшних сельскохозяйственных машин на поля выйдут роботы-универсалы. Это будут автоматические портальные механизмы, простирающиеся над равномерно поделенными участками почвы шириной по пятнадцать-двадцать метров. Их колеса будут двигаться не по вязкой жиже взбухшего чернозема, а по гладкой поверхности "дренажных рельсов". Эти рельсы-каналы, представляющие собой составную часть общей дренажной системы, будут сооружаться из пористых каменных или синтетических материалов.

Роботы-порталы, чтобы выйти на следующую позицию для обработки, смогут перемещаться боком по меже без разворота. Небольшими земельными площадями, возможно, придется пожертвовать, но только на участках неудобной формы. Сейчас уже проектируются порталы, предназначенные, однако, для ограниченных целей - химической обработки и внесения

удобрений.

Однако с помощью таких роботов будут возможны культивация и даже уборка урожая. Сейчас значительная доля культивационных работ выполняется на глубину до двадцати сантиметров. Устранив движение колес по полю, можно будет сделать его поверхность такой ровной, что станет вполне реальной и совершенно достаточной обработка на глубину всего пять сантиметров.

Механическое сопротивление почвы, а следовательно, и затрата энергии на ее обработку уменьшаются зачастую вдвое, когда полностью будут устранены "колесные эффекты".

Таким образом, энергозатраты на культивацию с помощью портала могут составить всего лишь около двенадцати процентов нынешних энергозатрат. А вследствие хорошего сцепления колес с дренажным рельсом имеется возможность сделать КПД машины гораздо выше, чем у современных тракторов, ведь до 40-50 процентов мощности последних "съедается" на преодоление сил сопротивления движению колес. В будущем процесс культивации может потребовать лишь от пяти до десяти процентов нынешних энергозатрат. Да и вообще культивация станет использоваться в будущем лишь при выращивании специфических культур. Роботология дает возможность достигнуть такого состояния земледелия, когда при возделывании злаков в культивации вообще не будет нужды. Перспективы создания роботехнической "крестьянки", которая могла бы вносить семена злаков в отдельные лунки быстро и точно, например, по специальному шаблону, - эти перспективы вот уже несколько лет вызывают блеск в глазах исследователей.

Уже сейчас возможно выведение гибридных злаков, при севе которых достаточно будет одного зерна на квадрат со стороной, скажем, от десяти до двадцати сантиметров. От зерна отойдет множество побегов, и растение будет выглядеть наподобие куста. В альтернативном варианте растения останутся похожими на сегодняшние пшеницу и ячмень, но мы будем способны рассаживать отдельные зернышки в специальные лунки по квадратикам со сторонами от четырех до пяти сантиметров на строго заданную глубину.

Удивительные возможности открывают эти роботы для сбора урожая. Из-за того, что, с одной стороны, самая благоприятная структура почвы для посева злаков оказывается как раз накануне жатвы предыдущего урожая и, с другой стороны, не будет колес, повреждающих посевы, станет возможным высевать и проращивать зерна нового урожая еще до того, как будет снят старый.

Портальный робот будет получать информацию от центрального компьютера, отображающего количество высеваемого зерна, глубину посева и состояние почвы.

Сведения обо всем, что распределяется по обрабатываемым площадям, будут отображаться на индикаторах и фиксироваться на магнитной ленте. Во время вегетационного периода могли бы оказаться полезными более простые портальные механизмы, также управляемые автоматически.

Можно предположить также, что в следующем веке уборка урожая не будет связана с громоздкими уборочными комбайнами, оснащенными целым "флотом" грузовиков и тракторных тележек для перевозки зерна и вывоза с поля брикетов соломы. Решение вопроса, заключается в "уборке цельного урожая", которая применяется до сих пор в экспериментальном порядке и обладает неотъемлемыми преимуществами. На портал можно навесить платформенную жатку, которая могла бы всего за один проход портала взад и вперед по обрабатываемой полосе снять весь урожай со всей ее ширины. Сжатые злаки будут загружаться в контейнеры модульного типа, навешенные на портале, и уже в них подаваться на специальные транспортные машины.

Обмолот и сушка зерна производятся в своеобразном цехе. Процесс молотьбы будет осуществляться с помощью ультразвука, а не на нынешних механических молотилках. В последующем процессе сушки зерна некоторая доля соломы и мякины может быть использована в качестве топлива для подогрева воздуха.

Зерно могло бы также сушиться с помощью микроволн. Преимущество этого способа заключается в том, что влага испаряется настолько быстро, что зерна трескаются: тем самым уже осуществляется первая стадия подготовки зерна к помолу.

Операции по сортировке овощей и фруктов уже сейчас имеют все большую тенденцию концентрироваться на крупных сортировочно-упаковочных пунктах. Их преимущество состоит в применении сложной, но зато быстро действующей техники. Помятость и побитость плодов можно определять с помощью термографии. Проведенные работы внушают надежду, что с помощью термографического метода побитые места на яблоках возможно отличить от здоровых, если плоды сначала охладить, а затем нагреть на несколько градусов.

В XXI веке техника распознавания образов с использованием микропроцессоров, по-видимому, будет способна выявлять такие ничтожные различия в форме и размерах плодов, что ручной труд в этой области совершенно исчезнет.

Уже сейчас созданы роботы, присматривающие за животными, ведь темп прогресса роботизации за последнее время

был самым высоким на животноводческих фермах. В будущем вся статистика молочного поголовья будет вестись по данным портативных электронных устройств с вживленными датчиками, которые будут укреплены на животных. Каждой корове будет присвоено свое электронное имя. Информация будет использоваться как для внутриферменных целей, так и для общенациональных задач улучшения поголовья при осуществлении крупных научно-исследовательских проектов.

Процесс доения будет начинаться с того, что корова с помощью автоматов приводится в доильную установку конвейерного типа, где опознается и изучается с помощью вживленных датчиков.

Для подсоединения доильного агрегата к коровьему вымени будет применяться техника распознавания образа путем использования информации, хранящейся в памяти компьютера, в сочетании с оптическими и микроволновыми датчиками для определения положения сосков. В ходе доения качество молока может контролироваться для выявления у коров мастита.

Удои молока будут регистрироваться компьютером, собирающим также сведения о результатах деятельности фермы. Они будут передаваться в национальные или районные статистические управления. Поставки на рынок откормленного скота будут планироваться гораздо точнее, так как с помощью компьютера станет возможно доводить животных до нужной упитанности строго к назначенному времени.

На свинофермах роботы будут осуществлять поиск заранее помеченных животных, для выбора их из стада, а также развозить и вытряхивать солому из брикетов. Они будут присматривать за животными и посылать свои сообщения центральному управляющему компьютеру, имея для этого телекамеры и системы дистанционного контроля.

Робот сможет объявлять тревогу и даже сам принимать решения, например, в ответ на изменения в состоянии окружающей обстановки. Сельскохозяйственное производство превратится в индустриальный конгломерат биологии, электроники и кибернетики. Лицо профессии колхозника преобразится настолько же, насколько сейчас неузнаваемо изменился труд, скажем, писаря, бухгалтера, извозчика, кочегара, мельника и эскулапа.

РОБОТЫ В БЫТУ

В XXI веке роботы будут выполнять не только большинство производственных обязанностей человека, но и получат широкое распространение в быту. Дом превратится в единый роботизированный комплекс, управляемый центральным

компьютерным мозгом. К тому времени, несомненно, сильно возрастет роль жилища, так как многие специалисты смогут проводить дома большую часть своего рабочего времени. В домашней обстановке можно будет получать доступ к любым архивам, сотням библиотек, к крупным компьютерным сетям. Зачем терять время на поездку для деловых переговоров, занимающих иногда всего десяток минут, если станут возможны телеконференции, принимать участие в которых можно будет, не выходя из дома.

Причем, участниками таких конференций могут быть представители любой точки земного шара, а синхронный перевод в случае необходимости обеспечит специальная ЭВМ. Телекопировальные устройства позволят обмениваться чертежами, планами, фотографиями и корреспонденцией, причем их факсимильные изображения будут доставляться адресату всего за несколько секунд.

Существенные изменения произойдут также в жизни работающих женщин. Разрешится наконец противоречие между необходимостью ходить на службу и следить за домашним очагом; мать семейства сможет выполнять свои профессиональные обязанности, не упуская из виду своих детей, которых она в случае необходимости оставит под присмотром телеглаза и роботаняньки в тот день, когда ей необходимо будет отправиться на работу.

Кухня будущего представит собой настоящую бригаду автоматов. Уже сейчас в продаже есть стиральные машины и комбайны с программным управлением, а скоро все аппараты и устройства для стирки, обработки продуктов, стряпни будут управляться микрокомпьютерами. Для пуска достаточно будет набрать нужный код на клавиатуре, аналогичной клавиатуре пишущей машинки, при этом не потребуется никаких специальных познаний. Компьютер сам задаст наводящие вопросы и возьмет у вас дружелюбное интервью по поводу ваших гастрономических вкусов. Кофемолки, мясорубки, соковыжималки и другие приспособления, которые наряду с пластмассой получили широкое распространение в 70-х годах, постепенно будут вытеснены одним или двумя приспособлениями, способными выполнять по нескольку разнообразных операций. Приготовление домашних блюд из быстрозамороженных, обработанных в вакуумной сушке или более классических консервированных продуктов будет сиюминутным.

Упаковка, преимущественно пластик или фольга, будет служить как посудой для приготовления в микроволновой печи,

так и посудой, на которой готовая еда будет подаваться на стол. На упаковках будет в обязательном порядке приводиться состав продуктов, домашний компьютер будет автоматически считывать надпись и выбирать продукты в соответствии с принятой дома диетой. Решение машины будет индивидуальным в зависимости от склонностей и медицинских сведений о каждом члене семьи.

Кто же будет следить за исправной работой всех этих устройств? Телефон! Эти устройства будут "телеремонтируемыми" из общего городского компьютерного центра, как и многие современные вычислительные машины. В случае отказа устройства не будет необходимости доставлять его в ремонтные мастерские, характер неисправности и устранение ее в большинстве случаев будут устанавливаться и выполняться также по телефону.

Одним из наиболее расторопных "слуг" 2001 года станет робот-пылесос, который будет перемещаться с помощью мотора с дистанционным управлением. Он окажется способным действовать без вмешательства человека: будет переходить из комнаты в комнату, обнаруживать препятствия, распознавать их форму и обходить их. Естественно, робот самостоятельно будет опустошать пылесборник всякий раз, как только в этом возникнет необходимость.

Утопия ли это? Нет, реалистический прогноз. В области связи и информации достижения удваиваются за каждые несколько лет, причем стоимость аппаратов останется прежней. Через десять лет устройства будут в тысячу раз более совершенными. Через двадцать - в миллион раз. И то, что является уникальным сегодня, завтра будет доступно любой семье.

Суперпылесосы, как и другие домашние приборы, можно будет приводить в действие по телефону. Будет разработан удобный и экономичный метод, по которому работа кухни, ванны и других "слуг" будет управляться по телефону и начинаться за несколько часов до прибытия хозяев. По мере распространения способа обогрева жилищ постоянно очищаемым горячим воздухом меньше будет садиться пыли и, значит, меньше придется работать пылесосом.

Зайдем на минутку в завтрашнюю ванную комнату.

Где привычный блеск труб? Краны выполнены из пластика, водопроводные трубы также, что внедряется уже сегодня. В ванных комнатах комфорт сочетается с безопасностью: нет больше риска поражения электричеким током.

Так же, как и в современных гидротерапевтических аппаратах, температура воды, напор и ритм пульсации регулируются микропроцессором, позволяя людям с сердечной

недостаточностью пользоваться ванной без всякой опасности для здоровья. Специальный браслет, надеваемый на запястье, обнаружит тут же любое отклонение от нормы в состоянии купающегося. Это будет одно из проспособлений, которые помогут больным или пожилым людям обрести свободу действий. Рядом с мягкой, а не эмалированной ванной стоит наготове целый арсенал роботов. Они всегда готовы массировать вам лицо и тело, осуществлять велотренировки под биологическим контролем, они взвесят вас и занесут ваш вес в домашнюю медицинскую карточку, измерят давление крови, температуру тела, а также безболезненно возьмут кровь на анализ. Каждый квартал вычислительная машина внешней компьютерной медицинской лаборатории будет исследовать эти данные. Таким образом, люди будут каждодневно проходить медицинский контроль с помощью домашней вычислительной машины.

Прогресс коснется также спален. Как и рабочие кабинеты, они будут наиболее звукоизолированными комнатами в доме. Архитекторы и строители наконец обеспечат право людей на тишину. Кровати будут находитьтя под рассеянным светом. Относительно их конструкций существуют две прямо противоположные теории: по одной, матрац должен быть жестким, подобно деревянному ложу; согласно другой он должен быть очень мягким, подобно нынешнему лечебному матрацу, наполненному водой с определенной температурой. Такой матрац будет давать ощущение невесомости. Только вместо воды матрацы будут наполняться густой маслянистой жидкостью: постель будет принимать любые формы тела.

Ученые прогнозируют, что в будущем люди с удовольствием займутся ручным трудом в часы досуга.

Так, например, между двух блюд, легко изготовленных из быстрозамороженных продуктов, будет подаваться вызывающее сенсацию кушанье, изготовленное по рецептам старой национальной кухни. В домах увеличится количество изделий, вытканных или вышитых ручным способом. Но одновременно в распоряжении людей будет электронное устройство, освобождающее or долгой стадии обучения.

Художественное оформление жилищ также претерпит изменения. Все больше и больше появится картин на стенах, искусство будет широко представлено в домах благодаря огромному телевизионному экрану, показывающему коллекции художественных сокровищ со всего света. Вы увидите также объемные картины, выполненные методом голографии. В затемненных уголках будут располагаться удивительные фигуры: вы увидите свою жену или мужа, ваших детей, и все это объемно

и во весь рост. Эти иллюзорные статуи явятся результатом голографического воссоздания на основе сотен фотографий, сделанных обычной фотокамерой.

Голография найдет применение и в области техники, например в зеркале, которое позволяет водителю автомобиля, не отрывая глаз от дороги, наблюдать за приборным щитком, видимым благодаря многократному экспонированию на ветровом стекле. Автомобилисты будут также располагать мини-радарами, позволяющими заблаговременно обнаруживать объекты в тумане.

Но самые бурные эмоции вызывают возможности использования электронных установок на автострадах.

Техническая выполняемость магнитного управления автомобилем была продемонстрирована уже четверть века назад. Проблема возникает лишь в связи с довольно высокой стоимостью их установки.

Представим себе лето 2001 года... Автомобиль мчится по шоссе. Бортовой когитер только что сообщил водителю, что на дороге все спокойно, машина идет с запрограммированной скоростью, задержек в пути не предвидится. Но вот в районе No 6 звучит сигнал тревоги: впереди, в нескольких километрах, произошла авария, движение на автостраде блокировано. Светящиеся панели дистанционного управления, приводимые в действие из центральной диспетчерской, сообщают водителям, в каком пункте им следует свернуть. Тех, кто все же попал в пробку, по радио извещают о ходе дорожных работ.

Сцена из научно-фантастического фильма? Нет, реальность. Но только не сегодняшнего дня, а 2001 года.

Речь идет о технических достижениях, которые в ближайшем будущем революционизируют автомобильное движение.

В экспериментальной лаборатории Автодорожного общества в Милане планируется уже в 1985 году все данные об интенсивности движения, состоянии дорог и метеорологических условиях централизовать в восьми компьютерах: в Генуе, Милане, Болонье, Флоренции, Фиано Романо, Кассино, Пескаре и Бари. Укрепленные у каждого дорожного поворота знаки с надписью "осторожно, гололед" заменят видеоэкраны компьютерной связи, где можно узнать самые последние данные о погоде. Панели дистанционного управления снабдят водителя сведениями о состоянии дороги впереди. "Автодорожное радио" будет вещать круглосуточно, сообщая о движении в том или ином пункте, о дорожных условиях, передавая просьбы об оказании помощи.

Количество транспортных средств на каждом участке дороги зафиксируют микроволновые датчики.

Эти небольшие, окрашенные в желтый цвет колонки будут

установлены по краям дорожного полотна. Проезжая мимо такого датчика, автомобиль прерывает поток микроволн. Эта информация регистрируется и передается в диспетчерский пункт.

Таким образом, оператор из центральной диспетчерской сможет постоянно иметь перед глазами как бы моментальную фотографию всей автодорожной сети.

Проекты будущих дорог разрабатываются на видеомониторах с запоминающим устройством, снабженных системой боковых экранов, что позволяет воссоздавать целостную картину дорожной сети, постоянно прибавлять к ней новые данные, образовывать "банк данных" со сведениями о мостах, тоннелях, объездных путях.

Подобная система управления "Старт" уже действует на Садовом кольце в Москве.

РОБОТЫ И МЫ

Роботы, которые видят, слышат, говорят и принимают правильные решения, несомненно, изменят взгляд человека на самого себя. Что есть человек? Что в нем особенного? Как отличить его от робота? Кое-какие признаки называют сами роботосоздатели. Роботы, говорят они, никогда не будут обладать нашим физическим проворством, несмотря на их отдельные специфические возможности. Конечно, мы сможем создать робота, который будет прыгать выше человека или дальше метать диск, но сомнительно, чтобы смог появиться механический победитель в десятиборье.

Роботы, разумеется, смогут видеть картины, например, захода солнца, но они не будут при этом испытывать даже подобия чувств, похожих на человеческие.

Есть все же решающая разница между человеком и машиной. Человек как целое - это постоянный исследователь своего внешнего и внутреннего мира. Это индивидуальность, способность к риску, храбрость, вера и многое другое, чего никак нельзя сказать о машинах.

Люди, как правило, к чисто человеческим свойствам относят эмоции, чувства и самосознание. Но самые дерзновенные из ученых все же полагают, что когда-нибудь настанет день, когда и эти неуловимые атрибуты человечности перейдут в "холодное чрево" бесстрастного компьютера. Это, возможно, будет следующий этап эволюции.

В развитии разума роботов специалисты видят лишь одну вполне реальную преграду - юмор, который, по-видимому, никогда не будет доступен машине, но который играет первостепенную роль в мыслительном процессе человека.

На советско-американской конференции по связям с

внеземными цивилизациями во вступительном слове академик В. Амбарцумян в качестве возможных носителей внеземных цивилизаций предложил рассматривать абстрактное общество из подобных друг другу членов, способных принимать, накапливать, хранить и выдавать информацию.

Это общество может состоять из биологических организмов, подобных человеческим, из совокупности автономных кибернетических устройств или из единой кибернетической системы, не состоящей из автономных частей. Все участники симпозиума рассматривали искусственный разум как новый космический фактор.

Профессор И. Шкловский даже предложил гипотезу, согласно которой возникновение искусственного разума является высшим этапом развития материи во вселенной. Качественно различные этапы эволюции, по И. Шкловскому, следующие: неживая эволюционирующая материя; живая эволюционирующая материя; естественная разумная жизнь; искусственная разумная жизнь. И. Шкловский полагает, что эра естественных разумных существ является сравнительно коротким этапом развития материи во вселенной. Он пишет: "Появление искусственных разумных существ должно ознаменовать новый, качественно отличный от предыдущих, этап развития материи. Разум как бы отделяется ог своей конкретно-биологической основы и становится чисто функциональным свойством особой, весьма высокоорганизованной материи".

Поскольку робот в принципе может обладать основными "кибернетическими" свойствами биологической системы, мы вправе отнести его к миру "живых существ", разумеется, если понимать этот термин достаточно широко.

Создавая совершенных роботов, человек создает не только новую жизнь, "популяцию роботов", но и новый тип социальных отношений. Трудно даже представить те последствия, к которым приведет совершенствование интеллектуальных киберов. По всей видимости, эти последствия будут не менее существенными, чем последствия овладения ядерной энергией, изобретение ЭВМ, больших интегральных схем или генной инженерии.

Робототехническая революция в недалеком будущем существенно повлияет на многие стороны жизни общества, особенно если учитывать перспективы дальнейшего совершенствования технологии изготовления микроэлектронных узлов. Вместе с тем эта революция в условиях капиталистической системы хозяйствования неизбежно порождает ряд социальных проблем.

Прогресс в электронике позволяет значительно повысить

производительность труда в самых различных сферах деятельности человека, но в условиях капиталистического общества это приводит к дальнейшему росту безработицы.

Об отрицательных сторонах компьютерной революции в капиталистическом обществе говорим не только мы, но и здравомыслящие буржуазные ученые, например, профессор права Колумбийского университета Э. Уэстин: "Компьютерные терминалы и процессоры для обработки текстов могут держать нас под надзором. Любой босс теперь сможет знать, сколько знаков в минуту печатает на машинке его секретарша и сколько она их напечатает за час, за рабочий день.

А в тех компаниях, которые проводят политику интенсификации труда, рабочего теперь с помощью новой техники сумеют зажать совершенно".

Добавим: их сокращают тысячами и десятками тысяч. На уволенных, однако, обрушивается трагедия безработицы. "Когда уровень безработицы в Соединенных Штатах повышается на один процент, число самоубийств возрастает на четыре процента, более чем па пять процентов число убийств, на три процента увелиличивается число пациентов в психиатрических лечебницах, на четыре процента - число заключенных в тюрьмах, на два процента - уровень смертности", - мрачно констатирует компания "Эн би-си".

Как ожидается, процесс автоматизации с внедрением автоматических пишущих машинок, электронных средств связи и автоматизированных систем ведения делопроизводства коснется также занятости даже канцелярских работников, число которых за последние десятилетия, несмотря на общий спад, постоянно растет.

Как утверждают специалисты фирмы "Сименс", в ФРГ к 1990 году около 40 процентов канцелярской работы будет выполняться автоматизированными средствами.

Аналогичное исследование во Франции предсказывает сокращение в течение последующих 10 лет уровня занятости в банковском деле и страховании на 30 процентов, а согласно прогнозам фирмы "Компьютер энелист энд программерз", в Англии к 1981 году уровень занятости сократится на один миллион человек в промышленности и на 1,25 миллиона человек в сфере торговли. Кроме того, примерно трем миллионам человек придется полностью или частично менять профессии.

Компьютеры не стойки перед лицом преступных замыслов. В массивы данных, хранящихся в них, можно внести изменения, в их программы можно нелегально добавить новые команды, а старые использовать для совершения злоупотреблений, причем

часто все остается незамеченным. Нарушители законов смогут наносить больший и более частый ущерб, так как появление персональных компьютеров умножает число средств для проникновения в компьютерные системы и возрастает число людей, знакомых с ними. Уже известен случай, как двое мальчишек из Калифорнии, пользуясь междугородными телефонными линиями, занимались тем, что портили родословные породистым собакам и скаковым лошадям, сведения о которых хранились в памяти компьютера в штате Кентукки.

Известно, что ограбления в экономически развитых буржуазных странах приобретают все более угрожающие масштабы. Крадется и информация. По оценкам швейцарских экспертов, в 80-е годы ежегодные потери, связанные с кражей информации, неправильным использованием ЭВМ и неполадками в их работе, составят в странах Западной Европы около 30 миллиардов долларов. По их прогнозам, 9,8 процента этого ущерба явится следствием информационного шпионажа.

Недавно один из крупных американских банков уволил своего служащего, выкравшего путем манипулирования с ЭВМ информацию на 20 миллионов долларов.

Однако после того, как конкурирующие банки предложили уволенному солидное денежное вознаграждение в обмен на интересующую их информацию, он был незамедлительно восстановлен на работе. Более того, назначен шефом службы информационной безопасности банка. Это было единственным средством заставить замолчать слишком хорошо осведомленного служащего.

Многочисленные случаи кражи информации вынудили фирмы прибегать к услугам тех, кто производит и устанавливает специальное электронное оборудование, обеспечивающее безопасность хранения и передачи информации.

Наибольшие убытки от утечки информации несут нефтяные монополии. Так, у одной из американских компаний недавно лишь в течение одного месяца сорвались все ее коммерческие сделки. Оказалось, что линии связи, которыми пользовалась фирма, прослушивались. Даже спутники связи не гарантируют полной безопасности передачи информации. За 110 тысяч франков можно приобрести аппаратуру, позволяющую "подключиться" к спутниковым каналам связи.

Со временем человек создает себе среду обитания и условия жизни все более и более искусственные. А чем искусственнее среда, тем сильнее мы зависим от надежности техники и от ее отказов, если они происходят.

С одной стороны, техника укрывает человека, создает ему

комфорт, безопасность, но с другой - ставит его в вассальную зависимость от своей безотказной работы.

Существует уже целая фактотека разнообразных ошибок компьютеров. Вот несколько примеров.

Международная геофизическая программа состояла в запуске тридцати двух шаров-зондов, управляемых компьютером. В арсенале исследователей было несколько команд, в том числе и передаваемая по радио команда самоликвидации зонда в случае завершения экспериментов. По роковой ошибке компьютера шестнадцать из тридцати двух шаров были уничтожены в первую секунду эксперимента.

Наверное, самой дорогостоящей была разработка программного обеспечения космической программы "Аполлон". Несмотря на тщательную проверку и дублирование, в программу все-таки вкралась ошибка. В результате во время подлета к Луне лунный модуль стал бешено вращаться в одну сторону. Только находчивость космонавтов, отключивших компьютерное управление, спасла экспедицию от катастрофы.

В США в июле 1962 года из-за пропуска дефиса в программе пришлось подорвать космическую ракету, стартовавшую с мыса Кеннеди к Венере. Ракета стоила восемнадцать с половиной миллионов долларов.

Так обстоит дело в капиталистическом обществе, где главным критерием производственной деятельности является прибыль. Здесь роботы только способствуют росту безработицы, повышению нормы эксплуатации труда, возрастанию конкуренции, разорению мелких фирм, усилению монополизации.

Напротив, в социалистическом обществе, где средства производства принадлежат народу, где производство материальных благ ориентировано на повышение благосостояния и улучшение условий труда, использование техники нацелено на ускорение процесса создания материально-технической базы коммунизма.

Если роботизация на Западе только обостряет острейшие социальные конфликты, то роботизация в нашей стране и других странах социализма, напротив, сглаживает имеющиеся неантагонистические противоречия социалистического общества: противоречие между физическим и умственным трудом, противоречие между городом и деревней.

То, каким образом это происходит, уже подробно обсуждалось на страницах этой книги, и здесь читателю представляется возможность проверить себя и самому ответить на эти вопросы.

Когда материальные блага начнут производиться в изобилии и человек освободится от насущных материальных забот, более полно раскроется его творческий потенциал, он будет славен силой творческого воображения и мощью творческого мышления, всесторонней образованностью и безграничной любознательностью, душевным богатством и духовными интересами, вниманием иг чуткостью к людям, способностью к общению... Да почему бы не физической красотой?

Много ли среди нас потенциальных натурщиков и натурщиц древнегреческих скульпторов? Жизнь стала лучше, скажет читатель, пища богата калориями, да и едим мы больше. Однако количество людей с избыточным весом возросло вовсе не оттого, что люди стали больше потреблять пищи, а оттого, что физическая активность мужчин, а позднее и женщин резко снизилась.

Дело в том что, начиная со времени, когда Г. Форд начал массовое производство автомобилей, и главным образом после второч мировой войны, человечество произвело огромное количество трудосберегающих средств для промышленности и для дома. Результатом постепенного обездвиживания человека стала полнота. Устранение любого, даже незначительного на первый взгляд движения является причиной увеличения веса. Например, если вы всего лишь заменили механическую пишущую машинку электрической, количество энергии, которую вы не расходуете, соответствует 1 -1,5 килограмма жира в год. У большинства людей, борющихся сегодня с полнотой, такой проблемы не существовало триста лет назад, когда никаких роботов не было и в помине, когда люди всюду ходили пешком, кололи дрова, обрабатывали поля и т. д. Полнота сама по себе неприятна, неудобна, неэстетична, но страшнее всего то, что она является почвой для возникновения заболеваний или усугубления уже имеющихся болезней. Достаточно сказать, что такая распространенная причина смертности, как пресловутый инфаркт, еще сто лет назад была медицинским курьезом! Статистика показывает, что подвижные, стройные люди более, жизнеспособны, чем полные.

Уж не подкладывают ли роботы нам свинью гиподинамии - обездвиживания? Так могут рассуждать только те, о ком народная мудрость говорит как о "плохом танцоре", которому будто бы мешают танцевать различные "обогревательные приборы". Подлинная творческая личность способна реализовать те огромные перспективы, которые открывают нам "соединение на деле преимуществ социалистического строя с достижениями научно-технической революции". Перед такой личностью не стоит

проблема, что же делать в будущем, когда роботы освободят нас от производственных обязанностей. Некоторые начинают готовить себя к будущему уже сегодня.

В Болгарии, в городе Пловдиве, существует молодежный клуб "Прогностики и фантастики-2001".

Клуб проводит фестивали научной фантастики. Первый был посвящен 110-й годовщине со дня рождения В. И. Ленина, второй - 20-летию полета в космос Ю. Гагарина. Кроме этого, клуб проводит семинары, дискуссии, показ объединенных программ фантастического искусства, конференции, встречи с писателями, вечера юмора и т. п.

Юноши и девушки из клуба "2001" убеждены, что XX столетие останется в памяти человечества как век специализации, ибо в грядущем не будет места так называемым узким специалистам. Сегодня мы еще восхищаемся, скажем, хорошим инженером за его профессиональные качества, часто не задумываясь об остальных плюсах и минусах. Завтра же такое станет немыслимым. Общество все более нуждается в гармоничных личностях, ведь люди создаются обществом, а оно, в свою очередь, создается людьми. Недаром девиз пловдивского клуба гласит: "Гармоничная личность - основа гармоничного общества!"

Клуб вот уже несколько лет ведет "эксперимент2001". Этот экспериментнеобычный турнир: юноши и девушки гоняют на велосипедах, плавают наперегонги, состязаются на легкоатлетических дорожках, увлеченно играют в футбол, баскетбол, теннис, шахматы, собирают разрезанные на мелкие кусочки фотографии, столярничают, оценивают свой глазомер (определяют вес и расстояние на глаз). Наконец, каждый пишет реферат на одну из сорока предложенных тем, взятых из самых различных областей знаний! Такое многоборье, несомненно, весьма удивило бы стороннего наблюдателя, но, как заявляет председатель клуба, здесь таких нет, ибо именно в их отсутствии и заключается суть эксперимента.

Это не показные соревнования перед публикой, а просто конец недели, проведенный "в духе будущего" интенсивно и разнообразно. Два дня, на протяжении которых человек проверяет себя, пробует свои силы в различных областях, открывает для себя радость гармоничного развития личности. Найти путь к воспитанию такой личности - вот в чем идея эксперимента.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Будущее обещает нам поистине впечатляющие перспективы. Фантастика становится обыденностью на наших глазах, а научные прогнозы обгоняют фантазию.

Еще до конца XX века наши дома и школы, наш досуг и наша

работа под влиянием компьютеризованных роботов переживут самые радикальные изменения. Эти перемены обещают быть настолько далеко идущими, что историки будущих веков станут рассматривать нынешнее десятилетие, как поворотный пункт в эволюции всего, общества. Можно уверенно сказать, что именно сегодпл закладывается фундамент нового образа жизни, где умение обращаться с роботами и компьютерами станет таким же условием приобщения к цивилизации, как прежде грамотность.

Знакомство с популяцией роботов, их эволюцией и перспективами развития сейчас столь же необходимо, как знание языка и обычаев страны, где мы собираемся жить.

Еще почетнее "приложить руку" к этой эволюции, вложить свой труд, талант и дерзание в становление нового общества. И хотя закончен наш рассказ об эволюции роботов, но не закончена сама эволюция!

Те, кто сейчас только учится, кто приобщается к миру науки, читая пока лишь научно-популярную литературу, скоро сам станет создавать научные теории. И может быть, именно тебе, юный читатель этой книги, предстоит открыть в эволюции роботов самую захватывающую страницу.